

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNEE 1957

THÈSE

N° 3

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Jean LAPORTE

Né le 15 février 1928, à Paris-16°

Présentée et soutenue publiquement le 9 janvier 1957

Contribution à l'étude
**DU TRAITEMENT DES PSEUDARTHROSES
PAR LA COMPRESSION OSSEUSE SIMPLE**

Président : M. FEVRE, Professeur

PARIS
IMPRIMERIE R. FOULON
29, RUE DEPARCIEUX, 29
1957

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

Nom du Candidat : LAPORTE

Prénom : JEAN

Date de soutenance : 9 janvier 1957

Numéro d'ordre :

(Ces deux mentions seront complétées par le Service de la Bibliothèque)

LAPORTE (JEAN). — Contribution à l'étude du traitement des pseudarthroses par la compression osseuse simple. — Paris, Imp. R. Foulon, 1957, in-8°, 67 p., 18 fig.

(Thèse Médec. (Etat), Paris, 1957, N°).

LAPORTE (JEAN). — Contribution à l'étude du traitement des pseudarthroses par la compression osseuse simple. — Paris, Imp. R. Foulon, 1957, in-8°, 67 p., 18 fig.

(Thèse Médec. (Etat), Paris, 1957, N°).

LAPORTE (JEAN). — Contribution à l'étude du traitement des pseudarthroses par la compression osseuse simple. — Paris, Imp. R. Foulon, 1957, in-8°, 67 p., 18 fig.

(Thèse Médec. (Etat), Paris, 1957, N°).

LAPORTE (JEAN). — Contribution à l'étude du traitement des pseudarthroses par la compression osseuse simple. — Paris, Imp. R. Foulon, 1957, in-8°, 67 p., 18 fig.

(Thèse Médec. (Etat), Paris, 1957, N°).

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNEE 1957

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Jean LAPORTE

Né le 15 février 1928, à Paris-16°

Présentée et soutenue publiquement le 9 janvier 1957

Contribution à l'étude
**DU TRAITEMENT DES PSEUDARTHROSES
PAR LA COMPRESSION OSSEUSE SIMPLE**

Président : M. FEVRE, Professeur



PARIS

IMPRIMERIE R. FOULON

29, RUE DEPARCIEUX, 29

1957



Digitized by the Internet Archive
in 2026

DOYEN HONORAIRE :

M. Baudouin

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. Baudouin, Bénard (H.), Brocq, Cadenat, Carnot, Chabrol, Champy, Chevassu, Debré (R.), Delbet, Donzelot, Gastinel, Guillaïn, Halphen, Harvier, Laroche (G.), Laubry, Lemaître, Lévy-Solal, Lhermitte, Lian, Loeper, Marion, Mathieu, Mocquot, Mondor, Mulon, Olivier (E.), Richet (Ch.), Sannié, Sézary, Tanon, Velter.

DOYEN Léon BINET
Membre de l'Institut

ASSESEUR Jean VERNE

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	CORDIER (G.)
Anatomie pathologique	DELARUE (A.)
Bactériologie	FASQUELLE
Biologie appliquée à l'Education physique et aux sports	CHAILLEY-BERT (P.)
Biologie médicale	FAUVERT
Cancérologie médicale et sociale	BERNARD (J.)
Carcinologie	OBERLING (C.)
Chimie médicale	JAYLE (M.-F.)
Cliniques chirurgicales	Hôtel-Dieu MÉNÉGAUX (G.)
	Broussais DE GAUDART-D'ALLAINES (F.)
	Salpêtrière MOULONGUET
	Cochin QUÉNU (J.)
Clinique chirurgicale réparatrice et orthopédique	MERLE D'AUBIGNÉ (R.)
Clinique de cardiologie	MOUQUIN (M.)
Clinique de chirurgie infantile et d'orthopédie	FÈVRE (M.)
Clinique de chirurgie pleuro-pulmonaire	MONOD (R.)
Clinique de la tuberculose	BERNARD (Et.)
Clinique de neuro-chirurgie	PETIT-DUTAILLIS (D.)
Clinique de puériculture	LELONG (M.)
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	DEGOS (R.)
Clinique des maladies du sang	CHEVALLIER (P.)
Clinique des maladies du système nerveux	ALAJOUANINE (T.)
Clinique des maladies des enfants	CATHALA
Clinique des maladies infectieuses	MOLLARET (P.)
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale	DELAY (J.)
Clinique gynécologique	FUNCK-BRENTANO (P.)
Cliniques médicales	Hôtel-Dieu BARIETY
	Bichat JUSTIN-BESANÇON
	Cochin MOREAU (R.)
	Broussais DE GENNES (L.)
Clinique médicale d'hydro-climatologie thérapeutique	DEBRAY (Ch.)
Clinique médicale propédeutique	PASTEUR VALLERY-RADOT (L.)
Clinique médico-sociale du diabète sucré et des maladies de la nutrition	BOULIN (R.)
Cliniques obstétricales	Tarnier LANTUÉJOL (P.)
	Baudelocque VARANGOT
	Port-Royal LACOMME (M.)
Clinique ophtalmologique	RENARD
Clinique oto-rhino-laryngologique	AUBIN (A.)
Clinique physio-pathol. des problèmes alimentaires	HAMBURGER
Clinique psychiatrique infantile	HEUYER (C.)
Clinique rhumatologique et sociale	COSTE (F.)
Clinique stomatologique	DECHAUME (M.)
Clinique thérapeutique chirurgicale	SÉNÈQUE (J.)
Clinique thérapeutique médicale	LEMAIRE (A.)
Clinique urologique	FÉY (B.)

	MM.
Embryologie	GIROUD (A.)
Génétique médicale	LAMY (M.)
Histoire de la médecine et de la chirurgie	SOULIÉ
Histologie	VERNE (J.)
Hygiène et clinique de la première enfance	TURPIN
Hygiène et médecine préventive	JOANNOW (C.)
Médecine du Travail	DESOLLE (H.)
Médecine légale	PIÉDELIEVRE (R.)
Parasitologie et histoire naturelle médicale	GALLIARD (H.)
Pathologie chirurgicale	SICARD
Pathologie exotique	LAVIER (G.)
Pathologie expérimentale et comparée	LENÈGRE (J.)
Pathologie humorale et immunologie expérimentale . (chaire à titre personnel)	MERKLEN (F.-P.)
Pathologie médicale	BARIÉTY (M.)
Pathologie et thérapeutiques générales	GARCIN (J.)
Pédiatrie sociale	MARIE (J.)
Pharmacologie et matière médicale	HAZARD (R.)
Physico-chimie médicale (chaire à titre personnel)	DOGNON (A.)
Physiologie	BINET (L.)
Physique médicale	STROHL (A.)
Radiologie médicale	DESGREZ (H.)
Technique chirurgicale	PATEL (J.)
Thérapeutique	BROUET

II. — PROFESSEURS SANS CHAIRE MAITRES DE CONFERENCES-AGREGES ET AGREGES

	MM.		MM.
Anatomie	{ DELMAS (A.) <i>pr. s. ch.</i> DEBEYRE (J.) OLIVIER CABROL	Obstétrique	{ MORIN (P.) RAVINA (J.) LELORIER ROBEY
Anatomie pathologique	{ GAUTHIER-VILLARS (Mlle P.) <i>pr. s. ch.</i> BUSSE (F.) GOUYGOU (Ch.)	Ophthalmologie	{ DESVIGNES (P.) BRÉGEAT
Bactériologie	{ NÉVOT (A.) CHRISTOL	Orthopédie	JUDET (R.)
Biochimie médicale	{ ETTORI (J.) <i>pr. s. ch.</i> POLONOVSKI (J.) SCHAPIRA DESGREZ (P.)	Oto-rhino- laryngologie	{ AUBRY (M.) MADIRO (M.)
Biologie médicale	BOURLIÈRE (F.)	Parasitologie	{ CHABAUD (A.) BRUMPT (L.) ABOULKER (P.) BAUMANN (J.) GOSSET (J.) LAURENCE (G.) LORTAT-JACOB (J.) OLIVIER (Cl.) POILLEUX (F.) VERNE (J.-M.) BARCAT CAUCHOIX DUBOST FAUREL FLABEAU GERMAIN MATHEY THOMERET
Dermato- syphiligraphie	DUPERRAT (F.)	Pathologie chirurgicale	{
Embryologie	TUCHMANN		
Histologie	{ BULLIARD (H.) <i>pr. s. ch.</i> COUJARD		
Hydrologie	CORNET		
Hygiène	{ BOYER (J.) <i>pr. s. ch.</i> DEPARIS (M.) <i>pr. s. ch.</i>		
Maladies infectieuses	BASTIN		
Médecine légale et du travail	{ DEROBERT (L.) <i>pr. s. ch.</i> GAULTIER (M.) HADENGUE (A.) ALBAHARY	Pathologie expérimentale	{ MAURICE LOEPER (J.) BERNARD (J.) BOUDIN (G.) CASTAIGNE (P.) CONTE (M.) DOMART (A.)
Neurochirurgie	DAVID (M.)		
Neurologie	LHERMITTE		
Obstétrique	{ GRASSET (J.) LEPAGE (F.) MERGER (R.)		

	MM.
Pathologie médicale	LAMOTTE (M.)
	LAROCHE (Cl.)
	MILLIEZ (P.)
	PÉQUIGNOT (H.)
	PERRAULT (M.)
	RAMBERT (P.)
	THIEFFRY (St.)
	TURIAF (J.)
	BOUVIER
	BRICAIRE
	BRISAUD
	DEROT
	MALREZ
Pédiatrie	ROYER
	WOLFROMM
	JOSEPH (R.)
Pharmacologie . .	POLONOVSKI (Cl.)
	MOZZICONACCI
	CHEYMOL (J.) <i>pr. s. ch</i>
	LÉVY (Mlle J.) <i>pr. s. ch</i>

	MM.
Physiologie . . .	BARJETON (D.) <i>pr. s. ch.</i>
	PARROT (J.) <i>pr. s. ch.</i>
	DEJOURS (P.)
Physique médicale	DJOURNO (A.) <i>pr. s. ch.</i>
	GOUGEROT (L.) <i>pr. s. ch.</i>
Pneumo- phtisiologie . .	KREIS (B.)
Psychiatrie . . .	BARUK
	PICHOT
Psychiatrie infantile	MICHAUX (Z.)
Rhumatologie . .	DELBARRE
Stomatologie . .	CHAPUT (Mme A.)
	CERNÉA (P.)
Thérapeutique . .	CHASSAGNE
	PERRAULT
Urologie	KUSS (R.)

III. — PROFESSEURS SANS CHAIRE ET AGREGES CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

A TITRE PERMANENT

	MM.
Clinique chirurgicale . . .	AMELINE (A.)
	HUGUIER (J.)
	LÉGER (L.)
	PADOVANI (P.)
	ROUX (M.)
	RUDLER (J.C.)
Clinique médicale	DREYFUS (Gilbert)
	HAGUENAU (M.) <i>pr.s.ch.</i>

	MM.
Clinique médicale	KOURILSKY (R.)
	MARCHAL (G.)
Clinique obstétricale . . .	ESCALE (G.)
	MAYER (M.)
Clinique ophtalmologique	OFFRET (G.)
Clinique urologique	COUVELAIRE (R.)

Secrétaire général de la Faculté M. MOREL (J.)
 Secrétaire Mlle CHAINTREUIL (G.)

Conservateur, chargé de la direction M. le Docteur HAHN (A.)
 Conservateur Mlle GOICHON
 Bibliothécaires { Milles DUMAITRE (P.), LAURENT (H.),
 LE NOIR (G.), QUIÉVREUX (E.)

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A LA MÉMOIRE DE MON GRAND-PÈRE

LE DOCTEUR CHARLES WINCHESTER DU BOUCHET

A MON PÈRE

LE DOCTEUR ANTOÏNE LAPORTE

Médecin de l'Hôpital Claude-Bernard
Commandeur de la Légion d'Honneur

A MA MÈRE

LE DOCTEUR MARIE LAPORTE

*Hommage filial de ma tendresse et de ma
reconnaissance pour leurs conseils, leurs
sacrifices, leur dévouement.*

A MA SŒUR

Avec toute mon affection.

AUX MIENS ET A MES AMIS

A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR FÈVRE

Professeur de la Chaire de Clinique Chirurgicale Infantile
à la Faculté de Médecine de Paris

Chirurgien des Hôpitaux

Membre de l'Académie de Chirurgie

Commandeur de la Légion d'Honneur

*Qui a bien voulu accepter la présidence
de cette thèse.*

Hommages respectueux.

AUX DOCTEURS ROBERT ET JEAN JUDET

Officiers de la Légion d'Honneur

*Qui nous ont inspiré le sujet de cette
thèse et nous ont guidé dans sa rédaction.*

En hommage de notre profonde reconnaissance.

A TOUS NOS MAITRES
DE LA FACULTÉ ET DES HOPITAUX

AU DOCTEUR RENÉ GIROUX

Médecin-Chef de l'Hôpital Léopold-Bellan
Commandeur de la Légion d'Honneur

*Qui nous a accueilli avec bienveillance.
En témoignage de mon fidèle attachement.*

AU DOCTEUR GUY GUÉNON DES MESNARDS

Chirurgien de l'Hôpital Léopold-Bellan

*Qui a été pour moi un maître indulgent
et amical.
Avec ma gratitude.*

AU DOCTEUR RENÉ BOUCHARD

Officier de la Légion d'Honneur
Urologue de l'Hôpital Léopold-Bellan

Avec notre sincère reconnaissance.

Notre propos est, dans ce travail, de présenter 13 observations de pseudarthroses graves ou rebelles traitées par cette méthode, employée par Henri JUDET dès 1916, et à laquelle nos Maîtres Jean et Robert JUDET ont actuellement donné un grand renouveau.

Ce dernier s'explique non seulement par la qualité des résultats obtenus dans une tenace et redoutée complication des fractures, mais aussi parce que méthode et résultats ont fourni l'occasion à l'Académie de Chirurgie de Paris de discussions de haute tenue. Y ont participé les frères JUDET, Marc ISELIN, Yves LONGUET, Etienne SORREL, ZAGDOUN, Raoul Ch. MONOD, Marcel ROUX a pu justement conclure : « ... la très belle communication de mon ami JUDET dépasse le cadre de la pratique orthopédique et touche à la pathologie générale... »

L'échange de vue a porté aussi sur la technique de l'appareillage chargé de la réduction et de la compression. Elle est en pleine évolution, du fait de la recherche encore en cours, de l'obtention de la meilleure compression, le choix de l'intensité de cette dernière étant un des facteurs capitaux du succès.

Nous allons, faisant passer les faits avant les théories et les hypothèses, présenter d'abord les observations cliniques. Nous y joindrons une iconographie et donnerons un aperçu de l'appareillage employé, étant bien entendu que celui-ci est en pleine évolution guidée par la qualité des résultats, la facilité d'emploi, l'aperçu de petits inconvénients pratiques qui se révèlent, comme pour tout appareil mécanique, seulement à l'usage.

Nous ferons le bilan des résultats en essayant d'expliquer les succès et les échecs.

Puis après un historique rapide de la question, nous verrons si ces faits cliniques sont en concordance avec les faits cliniques exposés par d'autres chirurgiens et avec les nombreuses expérimentations déjà réalisées pour éclaircir le problème de la compression et de la réparation des fractures et des pseudarthroses.



Appareil du Docteur Henri JUDET pour compression : élévation et poids

Les faits cliniques

Nous présentons 13 observations échelonnées de 1951 à 1956.

La moitié concerne des consolidations en foyer suppuré, l'autre moitié, des pseudarthroses aseptiques.

Il est à noter que 2 cas : *obs. VI* et *obs. XI*, ne sont pas des pseudarthroses, mais des résections aux fins d'arthrodèse d'articulations infectées. Le problème est d'ailleurs absolument comparable à celui du traitement des pseudarthroses suppurées.

OBSERVATIONS I A V

Les cinq premières firent l'objet de la communication de R. et J. JUDET et J. LAGRANGE à l'Académie de Chirurgie, le 25 avril 1956. Elles furent présentées en ces termes. « ... Nous vous rapportons 4 cas de pseudarthrose suppurée et 1 cas de pseudarthrose aseptique qui furent traitées par avivement, régularisation des surfaces osseuses et compression sans greffe.

OBS. I. — M. L... (trente et un ans). Pseudarthrose suppurée.

Fracture oblique de jambe, vissée le 24 avril 1951.

Suppuration. Esquillectomie.

Opération le 17 octobre 1953, régularisation des surfaces. Bon affrontement. Encore fistuleux.

Broches de Steinmann, compression par élastique jusqu'à consolidation.

Consolidation, malgré fistule, en trois mois et demi.

OBS. II. — M. V... (vingt-quatre ans). Pseudarthrose non suppurée.

Septembre 1952, fracture ouverte de la jambe gauche. Enclouée d'emblée. Pseudarthrose.

A été greffé huit mois après sans succès.

Vu en février 1954 : pseudarthrose avec angulation.

Opéré le 16 février 1954. Opération : ostéotomie cunéiforme dans la région de la pseudarthrose sans s'occuper du trait de fracture. Broches de Kirschner réunies par deux étriers ; compression par tubes de caoutchouc.

Durée de la compression : deux mois.

Consolidation en quatre mois.

La pseudarthrose a été rapidement guérie, l'angulation très imparfaitement corrigée. Ceci montre la difficulté qu'il y a à maintenir l'axe par les procédés de compression habituels, ce qui nous a amenés à compléter le fixateur d'Henri JUDET par un dispositif de compression.

OBS. III. — M. D... (trente et un ans). Pseudarthrose suppurée.

21 décembre 1951 : fracture transversale de jambe, traitée par plaque, qui suppure.

Vu la première fois après plaque enlevée et suppuration tarie depuis quatre mois.

Opéré le 11 juillet 1952 : Phemister. Réveil de la suppuration, on doit enlever le greffon : échec.

Le 16 avril 1954, régularisation des extrémités osseuses, compression par broche et élastique. Encore fistuleux.

Consolidation en six mois avec angulation modérée. Ablation de petits séquestres.

La suppuration cesse.

OBS. IV. — M. P... (dix-huit ans). Pseudarthrose suppurée cicatrisée depuis un mois.

Fracture transversale ouverte : réduction et suture de peau le 15 juillet 1953. Suppuration.

Vu le 3 février 1954 : pseudarthrose avec fistule récemment tarie.

Opéré le 6 mars 1954 : greffe vissée. Echec.

Le 9 février 1955 : intervention. L'espace interfragmentaire est rempli par un tissu mou et vasculaire, qui contient une poussière de petits séquestres. On l'évide à la curette, on régularise les deux fragments pour les affronter. On résèque le péroné de façon que ses extrémités ne viennent pas en contact. On place deux clous de Steinmann pour compression par élastiques.

Consolidation en quatre mois.

OBS. V. — Mlle C... (vingt-deux ans). Pseudarthrose suppurée du fémur gauche depuis un an.

Le 24 mai 1955 : abord externe du foyer de fracture, curetage de la fistule, ablation de gros séquestres. Au prix d'un raccourcissement de 3 cm, on fait deux tranches osseuses larges qui s'adaptent bien l'une à l'autre. Pose d'un appareil de Charnley.

Deux mois et demi après, la suppuration est toujours intense. On enlève les broches, il n'y a aucune ossification

Echec.

FIG. 1. — M. L...

Pseudarthrose
(agrandissement
pré-opératoire)

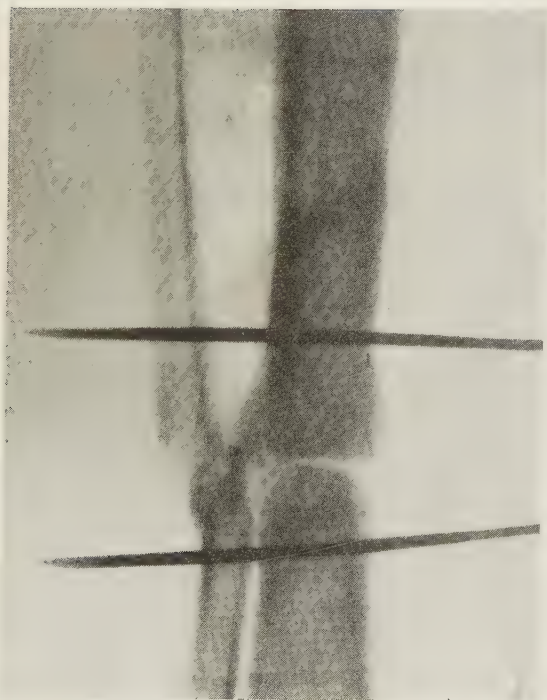


FIG. 2. — M. L...

Broche et compression
élastique

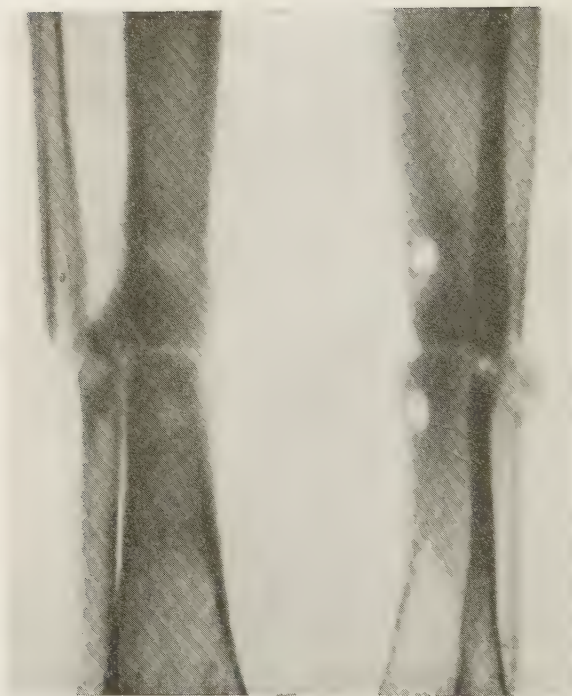


FIG. 3. — M. L...
Radio trois mois et demi
après



FIG. 4. — M. L...
Radio six mois après

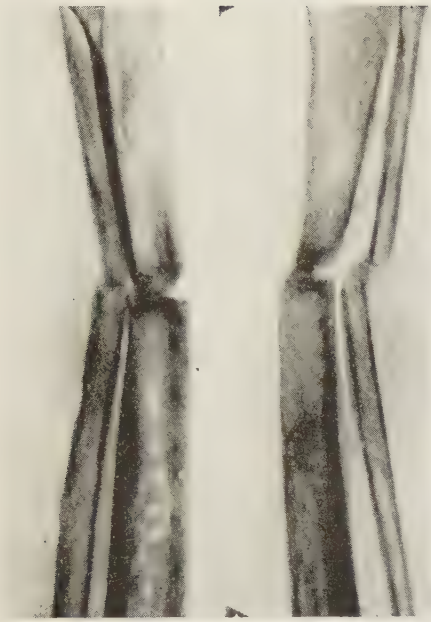


FIG. 5. — M. D... Pseudarthrose. Radio pré-opératoire

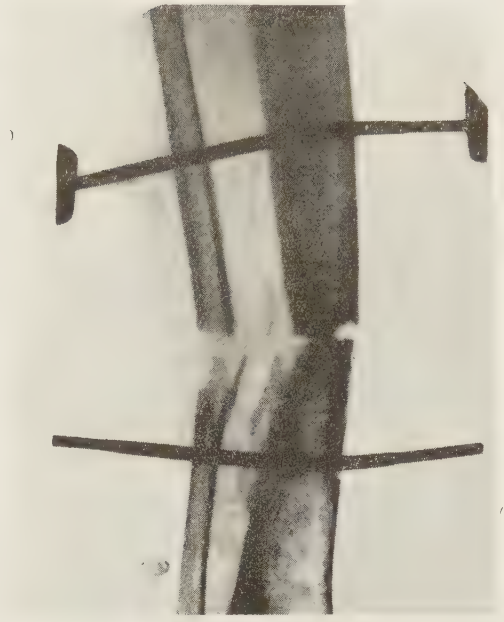


FIG. 6. — M. D... Avec compression



FIG. 7. — M. D... Consolidation six mois après

COMMENTAIRES DES OBSERVATIONS I A V

Ces observations dont nous donnons ci-dessus l'iconographie ont été commentées en ces termes par R. et J. JUDET :

« ... Dans un seul cas (*obs. II*), il s'agissait d'une pseudarthrose qui n'avait jamais suppuré. Consolidation en quatre mois.

« Dans 3 cas (*obs. I, III, IV*), il s'agissait de pseudarthroses suppurées récentes. Deux étant encore fistuleuses, il ne pouvait être question, dans ces conditions, de placer une greffe.

« La consolidation, par compression simple, a été obtenue en trois mois et demi, six mois, quatre mois.

« Dans deux de ces observations, la consolidation a été obtenue malgré une importante densification avec sclérose osseuse étendue des fragments au contact.

« Seule l'*observation V* est un échec. La compression par appareil de Charnley avait été placée au milieu d'une très abondante suppuration de la cuisse. D'autre part, *au niveau du fémur, il est impossible de réaliser la compression par le dispositif utilisé dans les autres cas*. L'immobilisation fut mauvaise, la suppuration profuse. Il n'y eut pas de consolidation.

« *Mécaniquement*, pour réaliser la compression, nous avons employé le dispositif suivant :

« Une tige métallique rigide est plantée dans le fragment supérieur, traversant de part en part la peau et l'os. Une autre fiche est placée dans le fragment inférieur, dans des conditions analogues à la première et à peu près parallèle à elle.

« De gros tubes de caoutchouc sont tendus entre les fiches, exerçant une pression continue. Les pressions élastiques, ressort ou caoutchouc, sont supérieures au système type Charnley ; celui-ci, en effet, établit par une vis une pression intime entre les surfaces osseuses. Par suite du petit tassement interfragmentaire, cette pression diminue : aussi conseille-t-on au bout de quelques jours, de resserrer les vis.

« Mais ce procédé est *aveugle*. La compression est variable et l'on s'efforce de corriger ces variations d'une manière tout à fait approximative qui ne les rétablit d'ailleurs que temporairement.

« Le coapteur de Danis avec lequel J.-P. RAZEMON, collaborateur de DECOUS, a obtenu quatre bons résultats, n'échappe pas à cette critique. De plus, on ne peut resserrer la vis au bout de quelques jours, comme nous le croyons utile.

« La compression élastique est beaucoup plus constante et elle est contrôlable.

« Certains auteurs, tel GREIFENSTEINER, réalisent la compression par deux broches de Kirschner : l'une traverse le fragment inférieur, l'autre le fragment supérieur. Toutes deux sont prises dans le même étrier et bloquées après avoir été mises en tension à 10 ou 15 kg.

« La contention n'est pas très bien assurée par ces différents procédés mécaniques. Nous y avons adjoint un plâtre cotonné peu serré, qui ne s'oppose pas à la pression suivant l'axe mais empêche les angulations et les décalages. Dans un de nos cas cependant, une angulation antérieure de 20° s'est peu à peu établie, démontrant l'imprécision de ce procédé.

« Nous utilisons maintenant un fixateur d'Henri JUDET modifié, sur lequel est adapté un dispositif de compresseur par ressort : le plâtre, dans ces conditions, n'est plus une nécessité. La force du compresseur pouvant être réglée par une molette et mesurée.

« On peut noter une très nette évolution de l'opinion chirurgicale concernant les systèmes de fixation des os par fiches trans-cutanées créées par LAMBOTTE, utilisées par CHARLIER et OMBRÉDANNE, repris par BOEVER, H. JUDET et d'autres.

« Les fixateurs ont été en défaveur durant ces dernières années. Les plus vives critiques étaient adressées aux principes mêmes du fixateur qui paraissaient archaïques, dangereux et condamnables. La tige métallique transosseuse devait, en particulier, être une source redoutable d'infection. Cependant, les plus ardents critiques de la fixation externe sont, en même temps, des adeptes enthousiastes de l'appareil de Charnley qui obéit exactement au même principe et où quatre tiges métalliques sont trans-cutanééo-osseuses, tout comme dans les fixateurs externes.

« Nous avons toujours été fidèles au fixateur externe, avec une constante satisfaction dans les résultats. Presque seuls avec quelques élèves d'OMBRÉDANNE et de LAMBOTTE, nous n'avons pas craint de proclamer l'excellence de ce procédé dans certains cas, sans attendre que l'expérience de Charnley ou d'Hoffmann vienne la confirmer.

« Pour en revenir au rôle de la compression dans le traitement de la pseudarthrose suppurée, elle paraît avoir là une indication particulièrement intéressante.

« Habituellement, pour traiter une pseudarthrose avec ostéite, la première intervention consiste à faire le nettoyage du foyer de fracture, l'ablation des séquestres et des tissus suppurés. Six à dix mois plus tard, la suppuration étant parfaitement tarie, on procède à la greffe, après, au besoin, avoir assuré la couverture cutanée.

« Avec le principe de la compression, la première opération de parage du foyer suppuré est complétée par la pose de deux tiges métalliques à distance et du système élastique. Les extrémités osseuses ont été régularisées pour obtenir l'affront de deux surfaces, larges et régulières.

« La greffe ultérieure a été inutile dans nos 4 cas où la qualité osseuse était cependant médiocre.

« La série de succès publiée par GREIFENSTEINER montre que dans les pseudarthroses aseptiques banales, la compression simple a ses indications et donne des succès.

« Si l'on considère le problème général de l'ossification et de la consolidation osseuse, il est remarquable de constater l'identité de résultats obtenue par deux procédés bien différents : la greffe osseuse et la compression. Nous devons reconnaître *l'ignorance où nous sommes de la nature exacte du processus d'ossification*.

« Ce que nous savons, c'est que la pseudarthrose est un *état suspensif* de l'ossification. Son processus peut être remis en marche par l'apposition d'une greffe ou par la pression axiale simple.

« Cette constatation nous permet d'écarter la plupart des explications avancées pour expliquer l'action des greffes. Mais elle nous suggère peu d'hypothèses de remplacement. Il existe peut-être un facteur commun à l'action de l'un ou de l'autre de ces procédés, mais ce facteur nous échappe encore... »

Marc ISELIN vient apporter à l'appui de la thèse des auteurs, 4 observations de pseudarthroses de jambe qui paraissaient sans espoir, dont 3 avec sphacèles des lambeaux cross-legs et couverture faite par greffes de Davies.

Le premier cas qui faisait redouter la nécessité d'une amputation fut opéré par TROJAN, assistant de BÖHLER (de Vienne) : après avivement des extrémités osseuses, les deux fragments furent rapprochés par deux broches parallèles maintenues par un étrier dit de Wustmann. En trois mois, fut obtenue la consolidation de ce cas désespéré.

« ... Les deux cas suivants furent traités dans la même indication, mais au lieu de l'étrier qui ne permet pas de corriger une angulation, j'ai utilisé deux broches de Steinmann parallèles solidarisées par deux gros drains de caoutchouc.

« Le dernier cas était un échec de greffe osseuse : malgré un greffon tibial très solidement ajusté par quatre vis, la consolidation n'avait pas été obtenue. Six mois après, j'enlevai les vis, réséquai 2 cm de péroné et plaçai les deux broches solidarisées par deux drains de caoutchouc. En cinq mois, la consolidation était obtenue avec un axe excellent.

« C'est vous dire que je considère comme extrêmement précieuse cette méthode qui nous a donné des succès réguliers dans des cas particulièrement sévères, cas dans lesquels la compression a représenté la seule méthode utilisable... »

E. SORREL fait remarquer que pour lui le tonus musculaire seul ne suffit pas pour assurer une compression dans les pseudarthroses. « Il faut avoir recours à d'autres moyens parmi lesquels sont les coapteurs, mais il est difficile de doser la pression qu'il faut déterminer et de trouver la plus favorable... »

A la fin de cet échange de vues portant sur le traitement des pseudarthroses par une méthode de compression simple, le débat se fit sur le traitement des fractures en général par la compression.

ZAGDOUN considère la tonicité musculaire comme un facteur de compression, et vante à ce propos l'attelle d'Eggers (de Galveston, Texas, 1949).

« ... C'est une attelle fenêtrée qui est appliquée comme une plaque ordinaire. Mais l'ostéosynthèse une fois terminée, les têtes des vis sont débloquées d'un quart ou d'un demi-tour, ce qui permet aux fragments osseux de se rapprocher l'un de l'autre sous l'influence des muscles axiaux tout en évitant complètement les mouvements de latéralité et suivant l'axe... »

Mais il donne aussi sa faveur, surtout dans les fractures ouvertes transversales, au fixateur externe de Cuendet, fait de deux broches de Kirschner introduites à distance du foyer de fracture et que l'on peut rapprocher d'une de l'autre grâce à deux tendeurs latéraux.

R.-Ch. MONOD rappelle que l'appareil de marche de Delbet pour fracture de jambe permettant l'appui direct sur le talon, transmettait une pression au niveau du foyer de fracture, de légers mouvements à ce niveau favorisant pour Pierre DELBET, la consolidation.

Au cours de la séance suivante (2 mai 1956) de l'Académie de Chirurgie, Jean JUDET dans une *« Réponse aux différents orateurs ayant pris la parole après la communication sur le traitement des pseudarthroses par la compression osseuse simple »*, fait une mise au point du problème. Son argumentation porte sur les faits et sur l'appareillage.

Beaucoup d'appareillages réalisant la compression sont ingénieux et ont chacun leur mérite : attelle de Eggers, appareil de Coindet et d'autres.

« ... Il est intéressant d'essayer différents procédés mécaniques pour réaliser la compression axiale, ce qui permettra de choisir entre eux et de discriminer leurs applications plus particulières... »

Ce que R.-Ch. MONOD avait rappelé sur le rôle des appareils de marche, lui semble intéressant pour les pseudarthroses :

« ... Comme Jean GOSSET, j'ai été frappé par les résultats obtenus par PERKINS qui, reprenant l'idée ancienne de traiter les pseudarthroses par la mise en charge, par la marche (le poids du corps appuyant sur le foyer de pseudarthrose), a obtenu de très belles consolidations.

Ces consolidations, nous ne les avons pas toujours eues en appliquant, en France, le même principe ; les premières expériences faites à ce sujet remontent à de nombreuses années.

Je crois donc que si PERKINS a eu ces résultats favorables, c'est qu'il a pu réaliser ces mises en charge avec un appareil tel qu'il assurait une contention parfaite de la pseudarthrose et que la raison de ses succès est une association de la pression sur les fragments à une contention absolument rigoureuse. »

Mais il prend nettement position dans le *choix* du type d'appareils de compression.

« ... Je suis comme HUGUIER, fidèle au fixateur externe. J'en ai employé un grand nombre dans les services de MM. OMBRÉDANNE et FÈVRE ; nous continuons à employer le fixateur externe avec une constante satisfaction.

« Je crois, toutefois, qu'il y a deux choses différentes : le fixateur simple, sans appareil de compression, donne dans les fractures ordinaires une consolidation dans les délais normaux. Je n'ai pas observé qu'il soit une cause de retard de consolidation. Mais lorsque ce retard de consolidation existe déjà, lorsqu'on est amené à le traiter, le fixateur ne suffit pas ; c'est qu'à la contention parfaite, il faut associer la compression. Et cette compression ne peut être réalisée que par des dispositifs mécaniques que j'ai évoqués tout à l'heure devant vous... »

L'appareillage de GREIFENSTEINER, ISELIN et J. et R. JUDET donnant des compressions élastiques continues d'une intensité de l'ordre de 10 à 15 kg.

Quant à la *durée* de la compression, elle a varié de six semaines à quatre mois avec une moyenne de deux mois. Malgré le séjour de quatre mois des broches de Steinmann, celles-ci n'ont entraîné ni ostéite, ni intolérance au niveau de la « fiche ».

Sur les *faits*, il constate l'accord total de la statistique personnelle de J. et R. JUDET et J. LAGRANGE avec celle apportée par Marc ISELIN.

« ... Je suis heureux que la statistique des cas d'ISELIN, cas opérés par lui-même et par TROJAN, vienne à l'appui de la série que je viens de publier : TROJAN est un collaborateur de GREIFENSTEINER et il a

obtenu lui-même à plusieurs reprises des consolidations de pseudarthroses aseptiques par la compression simple. Les cas d'ISELIN sont plus intéressants encore puisqu'ils concernent des pseudarthroses suppurées dans des cas où des plasties cutanées avaient échoué. Comme nous-mêmes, en une seule intervention, ISELIN et TROJAN ont réalisé les conditions de consolidation de la fracture infectée dans un délai de quelques mois, évitant ainsi à leurs malades deux ou trois interventions itératives avec toujours une possibilité de réveil infectieux venant compromettre la greffe finale... »

Ainsi donc après les séances du 25 avril et du 4 mai 1956 de l'Académie de Chirurgie de Paris, il pouvait être considéré comme admis par tous que les pseudarthroses, même graves ou suppurées, pouvaient être guéries par la méthode de choix suivante : *compression osseuse simple obtenue par application de broches de part et d'autre du foyer de fracture, réunies par un système élastique déterminant une pression continue suffisante, mais modérée.*

Huit nouvelles observations allaient montrer le bien-fondé de cette conception et faire saisir les progrès réalisés de technique et d'appareillage.

OBSERVATIONS VI A XIII

OBS. VI. — Mme Sch... (cinquante-six ans). Arthrite tuberculeuse surinfectée du cou-de-pied évoluant depuis 1953. Nature tuberculeuse prouvée par une biopsie.

La malade souffre et marche avec des béquilles.

Examen :

— Grande plaie de la face interne de la cheville (paume de main); à cette plaie aboutissent des fistules suppurantes et en communication avec l'articulation tibio-tarsienne droite.

— Important œdème remontant jusqu'à la partie moyenne de la jambe.

Radio :

Arthrite tibio-tarsienne avec destruction des surfaces articulaires mais l'interligne est encore large.

Préparation habituelle aux antibiotiques :

— 30 g de streptomycine ;

— isoniazide (100 mg par jour par 10 kg de poids).

Opérée le 11 juin 1956 :

Incision classique verticale au milieu de la malléole externe.

Caverne du volume d'une noix avec caséum dans l'articulation péronéo-tibiale.

Toute la partie externe de l'articulation tibio-tarsienne est également atteinte :

érosion, fongosités, plus de cartilage, etc. Résection tibio-tarsienne à la curette et au ciseau jusqu'à l'os sain.

Suites excellentes. Cicatrisation de la plaie constatée le 21 juillet.

Le 4 septembre : une radiographie montre la consolidation osseuse ; l'examen clinique la confirme.

Début de la marche avec un petit appareil orthopédique de sécurité. La plaie est cicatrisée.

Le traitement antibiotique a été continué et a atteint 60 g de streptomycine.

Le rimifon et le P.A.S. sont encore continués actuellement.

OBS. VII. — M. Va... (vingt ans). Fracture ouverte tibia-péroné il y a un an ; n'a pas franchement suppuré.

Vu pour la première fois *le 27 mars 1956*.

Se présente à la consultation avec une pseudarthrose tibiale caractérisée, cependant que le péroné est consolidé.

Varus du tibia : 15°.

Opéré le 28 avril 1956 :

1° Résection du péroné.

2° Abord par incision interne classique de la pseudarthrose tibiale.

On redresse l'axe par une ostéotomie cunéiforme externe postérieure qui fournit en même temps une bonne surface d'affrontement.

Pose d'un fixateur à compression à quatre fiches. La compression est bonne, sauf en dehors, les fragments bâillent un peu.

Apposition, à la face externe, d'une autogreffe tibiale.

(Un examen histologique du Professeur DELARUE montrait que les fragments osseux étaient de structure normale, que le tissu fibreux qui unissait les deux fragments avait une vascularisation très réduite avec, cependant, dans les points où existaient ces vaisseaux au sein du tissu fibreux, une ébauche d'ossification.)

Deux mois après :

Ablation du compresseur. L'os est solide.

L'aspect radiologique est satisfaisant.

Marche autorisée sans plâtre.

10 septembre 1956 : une radio de confirmation montre le volume et la qualité du contact osseux.

Dans cette observation, ont été associées la compression et l'apposition d'une greffe, mais la remarquable rapidité d'ossification (deux mois) n'a jamais été observée par nous après les appositions simples de greffe (temps habituel de consolidation du Phemister simple : de quatre à huit mois).

OBS. VIII. — M. Pa... (vingt-trois ans). Pseudarthrose clinique et radiologique.

Vu pour la première fois *le 13 avril 1956*.

— Avait été opéré le 13 juillet 1955 pour une fracture ouverte de jambe sans suppuration.

— Se présente à nous avec une consolidation du péroné et une pseudarthrose clinique et radiologique du tibia avec forte angulation en varus.

Opéré le 5 juillet 1956 :

Résection de 7 à 8 cm de péroné. La pseudarthrose du tibia est complètement mobile. Avivement des bouts pour les coapter. Fixateur à compression, petit greffon latéral de péroné dédoublé.

Coaptation convenable. Fixateur à compression pour trois mois.

(Là encore, une petite greffe, sous forme d'un petit greffon du péroné, a été apposée à la face externe du tibia mais la consolidation a été obtenue en deux mois, délai beaucoup plus rapide que celui des appositions simples.)

12 septembre : soudure osseuse.

Consolidation clinique : très bonne.

OBS. IX. — M. Re... (vingt-neuf ans). Fracture fermée tibia-péroné, transversale.

A eu un déplacement sous plâtre.

Vu pour la première fois *le 3 juillet 1956*.

Examen :

— Avait été encloué en octobre 1955, sans consolidation.

— Actuellement, pseudarthrose radiologique.

Mouvement dans la pseudarthrose. Pas de consolidation mais os en contact.

Opéré le 23 juillet 1956 :

« On a transfixié le tibia par double broche, sans ouverture du foyer de pseudarthrose (une au-dessus et au-dessous du foyer).

Résection de 2 cm de péroné.

Forte traction par élastique sur les broches, lesquelles s'inscrivent d'ailleurs (plâtre pour trois mois). »

7 novembre 1956 : ablation du compresseur car, radiologiquement et cliniquement, la pseudarthrose est soudée.

Par prudence, on place pour un mois un plâtre de marche.

N.B. — Dans ce cas, il n'y a pas eu d'ouverture du foyer de pseudarthrose.

OBS. X. — M. Ti... (trente-six ans). Fracture de l'humérus le 20 janvier 1956, traitée par extension.

Le 5 mai 1956 : au premier examen, on constate une pseudarthrose.

Opération le 9 mai 1956 : fixateur à compression après réduction du déplacement par section simple dans les tissus fibreux, sans avivement des extrémités osseuses.

Le 25 juillet : ablation du fixateur. Consolidation radiologique encore précaire.



FIG. 8.
M. de P...
Greffe vissée



FIG. 9.
M. de P...
Pseudarthrose.
Echec à la greffe



FIG. 10. — M. de P... Compresseur.
Un mois après intervention



FIG. 11. — M. de P... Compression.
Quatre mois après consolidation



FIG. 12. — M. de P... Consolidation. Résultat définitif

OBS. XI. — M. Mo... (vingt-huit ans). Malade opéré six mois auparavant d'une fracture fermée de la malléole péronière, traitée par cerclage.

Suppuration, ostéite, arthrite suppurée tibio-tarsienne. Subluxation du pied en dehors et en arrière, fistule.

Impotence fonctionnelle complète.

Le 18 janvier 1956 : résection tibio-astragaliennne. Ablation des séquestres de l'extrémité inférieure du péroné et du fil métallique. Mise en place d'une compression par deux broches de Steinmann et un compresseur de Charnley serré régulièrement tous les jours. Plâtre.

Consolidation obtenue le 9 avril 1956.

OBS. XII. — M. Del... (quarante-quatre ans). Fracture à trois fragments de l'humérus gauche, le 16 octobre 1953.

Première opération : ostéosynthèse par un fil en octobre 1953, ablation d'un petite fragment, paralysie radiale.

Deuxième opération : en mars 1954, greffe vissée et clou médullaire, lyse secondaire de la greffe.

Troisième opération : en janvier 1955, fil double circulaire sur pseudarthrose. Pas de contact entre les fragments.

Nous voyons le malade pour la première fois le 20 décembre 1955.

Intervention le 25 janvier 1956 :

Abord de la pseudarthrose avec dissection du nerf radial qui présente un très mauvais aspect : gros, envahi de sclérose, œdédié.

Pose d'un fixateur à compression, sans toucher au foyer de pseudarthrose, en se contentant de mettre les fragments à peu près dans l'axe d'un de l'autre.

Avivement antéro-interne de la face latérale de l'humérus, apposition d'une autogreffe tibiale fraîche.

Dans les suites opératoires précoces : disparition de la paralysie radiale.

Ablation du fixateur à compression le 16 avril 1956.

La pseudarthrose est consolidée.

OBS. XIII. — M. Knu... Hospitalisé à l'hôpital Marmottan le 17 octobre 1955 pour polytraumatisme.

Fracture ouverte de la jambe droite (tibia, péroné).

Fracture fermée du fémur gauche spiroïde avec trait de refend vers l'articulation du genou.

Fracture de l'omoplate.

Traumatisme crânien sans perte de connaissance.

Il ne sera question que de la fracture de la jambe.

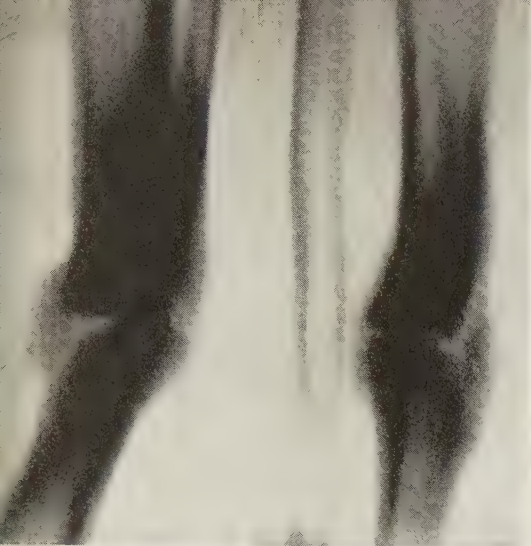


FIG. 13. — M. V...
Pseudarthroses.
Tomos pré-opératoires

FIG. 14. — M. V... Face
et profil post-opératoires.
Compression par broche
de Kirschner

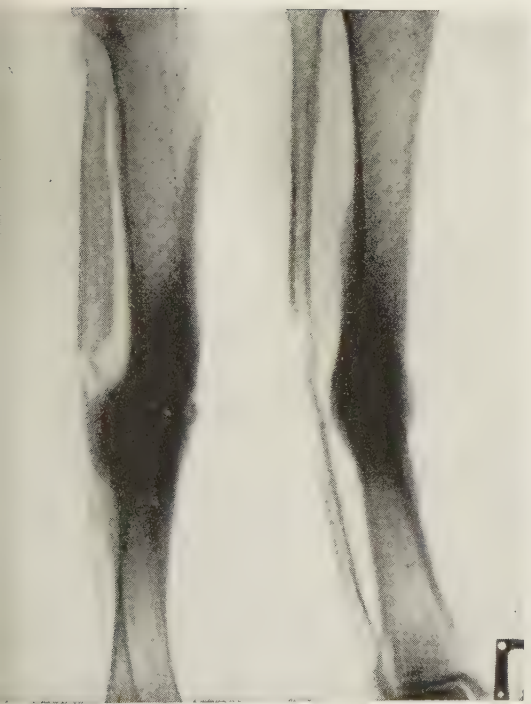


FIG. 15. — M. V... Con-
solidation quatre mois plus
tard

Traitement de la fracture de la jambe droite.

Le 2 mars 1956 : entre dans le service du Docteur Robert JUDET.

Cliniquement et radiologiquement : pseudarthrose : jambe très déformée. Troubles trophiques (musculaires et cutanés).

Escarres : face antérieure du tibia gauche, talon gauche, talon droit.

Le 10 avril : intervention. « Abord et libération du nerf sciatique poplité externe, depuis le creux poplité jusqu'à sa bifurcation. Il ne présente aucune lésion apparente (fistule calcanéenne mise à plat). »

Le 2 mai 1956 : intervention sur la pseudarthrose du tibia. « La pseudarthrose qui n'est pas évidente à l'examen clinique se voit, le foyer une fois découvert et devient largement mobile, le péroné une fois réséqué.

Ostéotomie dans la pseudarthrose, sans se préoccuper d'exciser le cal conjonctif.

Réduction bout à bout : mise en compression par deux broches et deux drains numéro 30.

Le 16 août 1956 : ablation des broches trans-tibiales.

Le tibia semble solide.

Le 22 août 1956 : plâtre de marche.

Le 24 août 1956 : ablation du plâtre. Consolidation clinique et radiologique avec léger varus et léger recurvatum.

Le malade est autorisé à marcher sans plâtre.

Il semble que la paralysie du nerf sciatique poplité externe persiste, mais la gêne occasionnée par celle-ci est mineure en raison de l'importance de la raideur de la cheville qui empêche la chute du pied.

Le 8 octobre 1956 : raideur importante de la cheville. La marche s'effectue sans douleurs, on assiste à un début de récupération de la paralysie.

Le 17 octobre 1956 : marche encore raide mais sans boiterie, gênée par le blocage du pied.

Conclusion : pseudarthrose de jambe traitée par compression. Consolidation obtenue en trois mois et demi, mais par prudence plâtre de marche mis jusqu'au cinquième mois.

COMMENTAIRES DES OBSERVATIONS VI A XIII

L'observation VI nous paraît intéressante par l'âge de la malade (cinquante-six ans) peu favorable à la reconstitution osseuse, par la durée de la suppuration et de la surinfection (trois ans), par l'étendue des lésions et par la rapidité de la guérison obtenue, malgré ce lourd passif (opérée le 11 juin, elle peut marcher avec un petit appareil orthopédique le 4 septembre, donc en moins de trois mois).

Ce n'est pas une fracture avec pseudarthrose, mais les chirurgiens admettent que de telles affections traitées par résection se com-

portent au point de vue évolution après traitement comme des pseudarthroses.

De la septième et huitième observations qui ont trait à des individus jeunes, il faut retenir la rapidité de guérison : deux mois. Cette rapidité fait dire à J. et R. JUDET que la mise d'un greffon latéral comme dans le Phemister n'a qu'une action accessoire, car jamais dans le Phemister simple, ce délai n'est inférieure à trois mois.

Mais l'*observation VII* a un intérêt doctrinal considérable dont nous verrons tout l'intérêt au moment où nous passerons en vue l'expérimentation et l'histologie de la pseudarthrose expérimentale.

La nécessité pour des raisons mécaniques et de statique d'enlever un fragment osseux postérieur tibial, a permis l'examen du fragment qui a montré au Professeur DELARUE une structure osseuse normale ; d'autre part, l'étude du tissu fibreux montrait une vascularisation très réduite, *avec cependant au point où existaient ces vaisseaux, une ébauche d'ossification.*

Ceci vérifie l'opinion de J. et R. JUDET : « Il y a dans la pseudarthrose seulement suspension du processus d'ossification ». Celui-ci est simplement endormi, non mort.

L'*observation IX* qui a trait à une pseudarthrose fermée, consolide en six semaines sans greffon.

L'*observation X* montre que la méthode de compression vaut aussi pour les pseudarthroses humérales. Il y a eu guérison en dix semaines.

Dans l'*observation XI*, il s'agit d'un très mauvais cas fonctionnel d'arthrite suppurée tibio-tarsienne consécutive à une fracture non ouverte de la malléole péronière traitée six mois par cerclage.

La résection tibio-astragaliennne, contenue par deux broches de Charnley, a permis une consolidation en moins de trois mois.

Le malade de l'*observation II* constituait également un cas très mauvais au départ : fracture humérale datant de trois ans, ayant eu trois ostéosynthèses par des méthodes différentes avec paralysie radiale. Ceci chez un homme de quarante-quatre ans, âge auquel l'ossification est moins bonne. La mise d'un fixateur à compression, aidé il est vrai d'une autogreffe tibiale fraîche, permet *en moins de trois mois* la consolidation et la disparition de la paralysie radiale. (Nous rappelons que la technique de Phemister sans compression autre que musculaire, ne donne pas de consolidation avant quatre mois au minimum.)

L'*observation XIII* a trait à une poly-fracture (facteur de retard d'ossification) dont la pseudarthrose du tibia datant de plus de six mois a guéri, en trois mois et demi, par compression simple après résection du péroné.

Historique

Se sont développées depuis près d'un siècle des « lois » de l'ossification et de la réparation, d'ailleurs contradictoires, peut-être seulement en apparence, si l'on veut bien noter que le *taux de la compression*, si important, n'est pas précisé.

Nous empruntons à la thèse de J.P. RAZEMON l'énoncé de ces lois :

- 1862 — Loi de HUETER : « La compression inhibe le développement de l'os, produit une atrophie, l'extension détermine une production de tissu osseux ».
- 1892 — Loi de ROUX : « La pression continue engendre du tissu osseux, la traction favorise le ramollissement ».
- 1892 — Loi de Julius WOLFF : « La compression et la tension entraînent la formation de substance osseuse et l'accélération de la croissance osseuse ». Cet auteur avait par ailleurs insisté sur la notion déjà ancienne, que les travées osseuses se formaient dans les zones qui doivent subir des pressions. Ces dernières conditionnent quasi mathématiquement leur forme et leur importance.

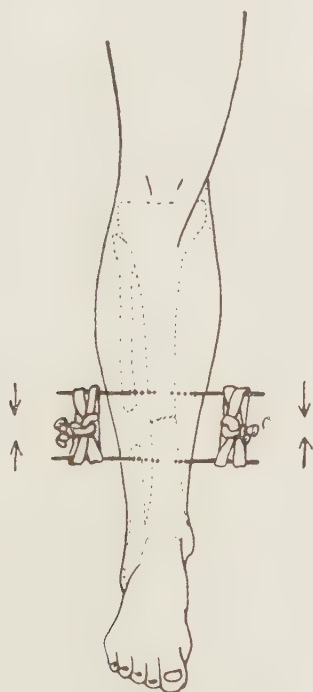
Henri JUDET, en 1916, publie un procédé élémentaire de tassement qui, chez les blessés de guerre, lui donne régulièrement la consolidation des fractures de jambe par projectile avec perte de substance. Après résection des parties osseuses altérées jusqu'à obtenir en os sain deux tranches de section régulière et *après résection d'un segment de péroné*, le membre était placé sur un plan incliné, cependant qu'un poids agissait sur la plante du pied.

Cette expérience fut longtemps oubliée jusqu'à PHEMISTER (1947) et aux travaux de J. et R. JUDET.

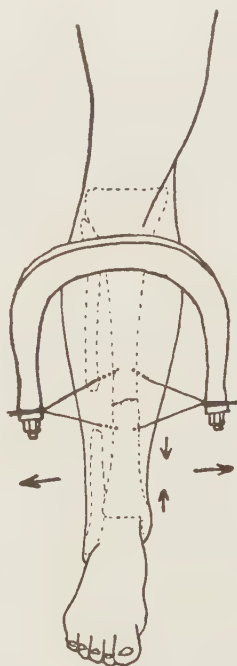
En 1927, Robert FRANTZ, dans sa thèse très documentée, avait vu le rôle de la pression, pouvant troubler la vascularisation de l'os dans le segment sous-jacent à l'ostéosynthèse. Mais il en avait vu surtout le côté négatif.

En 1932, KEY utilise un procédé d'arthrodèse du genou sous pression, procédé repris par CHARNLEY en 1948.

C'est surtout à DANIS (1932 à 1938) qu'on doit le premier coap-
teur métallique pour fractures transversales déterminant une com-
pression sur les fragments. Son appareillage a été modifié par de
nombreux auteurs sous des noms et avec des fortunes diverses.



Compression par clou de
Steinmann et élastique
(J. et R. JUDET)



Appareil
de Greifensteiner

GREIFENSTEINER (1948) est le chef d'une école qui réalisa la com-
pression par deux broches de Kirschner : l'une traverse le fragment
inférieur, l'autre le fragment supérieur. Toutes deux sont prises dans
le même étrier et bloquées après avoir été mises en tension à 10 ou
15 kg.

PHEMISTER, dès 1947, avait décrit une méthode nouvelle qui cons-
titue une innovation considérable dans le traitement des pseudar-

throses et la compréhension de leur réparation. Evitant de nettoyer le foyer de pseudarthrose et d'aviver les fragments comme il était classique de le faire, il se contentait de placer un *greffon libre* en pont au-dessus du foyer de fracture, *en l'insérant entre os et périoste*. Mais pour permettre le rapprochement des fragments tibiaux, par exemple en cas de fracture de jambe, il sectionnait et raccourcissait le péroné, attelle rigide qui empêchait la coaptation. Celle-ci était assurée par la pression exercée par les muscles rapprochant les deux fragments.

Dès le mois de décembre 1947, le Professeur MERLE d'AUBIGNÉ soulignait dans sa communication à l'Académie de Chirurgie : « Lorsque les fragments sont bout à bout, et correctement alignés... il est inutile de faire aucune résection, ni avivement des extrémités, la greffe peut être appliquée sur une face latérale avivée ».

Déjà aux séances du 6 et 13 juin 1951, R. JUDET rapportait 12 observations de fractures de jambe traitées heureusement par cette méthode, en indiquait la technique et montrait bien qu'il fallait reviser les notions classiques sur les pseudarthroses et leur traitement.

D'abord, la cure de pseudarthrose est assurée, sans qu'il soit touché aux tissus d'interposition (ce qui exclut les trois manœuvres classiques : ablation du tissu d'interposition interfragmentaire, dégagement, avivement ou résection des extrémités osseuses, débouchage du canal médullaire).

Or, remarque R. JUDET, « ... ce tissu qu'on comparait à une sorte de ménisque conjonctif incapable d'évolution, coiffant les fragments et s'opposant à la formation d'un cal unitif, est au contraire un tissu ossifiable au premier chef. La simple mise en place d'un greffon étendu d'un fragment à l'autre en passant en pont sur la pseudarthrose amène rapidement son envahissement par du tissu osseux... »

Pour lui, la fixation locale calcique sur le cal conjonctif qui ne s'était pas faite, causant la pseudarthrose, peut reprendre à nouveau, comme si elle avait été simplement *suspendue*, parfois longtemps, trois ans dans une observation présentée (*obs. XII*).

Est-ce l'action du greffon, suivant la conception de PHEMISTER, dont les cellules endostales et périostales survivent et envahissent la zone conjonctive ? Il y a probablement autre chose puisque dans une observation, le Professeur R. LERICHE signale qu'en 1939, il a réalisé avec grand succès, « à la lettre », une opération de Phemister sur une fracture transversale du fémur.

Mais R. JUDET insiste avec force sur les deux points de l'opération de Phemister qui ont paru capitaux à l'inventeur de la méthode : résection du péroné et greffon libre.

Ici s'ouvre un débat où deux séries de chirurgiens s'affrontent :

— Ceux qui, avec J. JUDET, LANCE, MOULONGUET, pensent que les succès de l'opération de Phemister viennent en grande partie de la résection du péroné, celui-ci empêchant le rapprochement des fragments osseux et permettant l'action du tonus musculaire.

— D'autre part, J. CAUCHOIX rapportant la statistique du Service du Professeur MERLE D'AUBIGNÉ, dit que sur 123 pseudarthroses de jambe, 10 ont été opérées avec succès par la méthode de Phemister *sans résection péronière*, la conservation de cet os étant pour lui nécessaire.

En 1955, J.-P. RAZEMON publie sa remarquable thèse sur « la pression interfragmentaire dans l'ostéosynthèse ». Elle groupe un historique, une bibliographie, une étude critique des méthodes, clairs et complets. Mais, en outre, elle rapporte 58 observations qu'il a pu tirer de sa propre expérience chirurgicale ou celle de ses collègues directs ou de ses maîtres. Trois d'entre elles nous intéressent plus spécialement, car elles ont trait (obs. n^{os} 54, 56, 58) à des retards de consolidation et de pseudarthroses.

Le résumé de ses conclusions pour ces derniers cas nous semble intéressant à connaître. N'envisageant d'ailleurs que les pseudarthroses sans déplacement, il déclare que le succès de leur traitement repose sur :

1^o *Une couverture cutanée* en excellent état, au besoin même en faisant une plastie cutanée avec prélèvement de vaisseaux.

2^o *Une immobilisation stricte et prolongée* — qui ne peut être réalisée par le plâtre qu'après plusieurs mois — est à l'origine d'atrophie et sclérose musculaire, d'infiltration et d'induration du tissu cellulaire sous-cutané, de raideur articulaire.

Pour empêcher ces troubles musculaires et articulaires, on est amené à utiliser la contention métallique.

« ... La contention métallique telle que les plaques vissées et le clou de Kuntscher sont fort utiles pour le bras et la cuisse que le plâtre immobilise mal. Encore faut-il exécuter ce montage d'une manière parfaite pour éviter tout mouvement du foyer, si minime soit-il. Le clou de Kuntscher doit prendre appui dans les deux épiphyses, il doit occuper tout le canal médullaire.

Le coaptateur de Danis assure une immobilisation absolue... »

3^o *Des conditions biologiques favorables à la consolidation osseuse.*

Dans les fractures sans déplacement et sans perte de substance, il ne faut donc pas un transplant, « ajouter de l'os mort ou qui

mourra, à un foyer qui en possède trop ». C'est autre part qu'il faut trouver le starter de la consolidation osseuse.

Donc, dans les pseudarthroses sans déplacement et sans perte de substance, plusieurs moyens s'offrent à nous pour aboutir au cal osseux. Ce sont surtout des procédés d'irritation de l'os qui ont pour effet d'activer la circulation au niveau du foyer et ainsi d'amener l'ossification après mort du cartilage s'il y en a ou directement par envahissement calcique du tissu fibreux d'interposition.

- 1) La sympathectomie péri-artérielle.
- 2) Les perforations de Beck.
- 3) Le morcellement de Kirschner.
- 4) L'élargissement du canal médullaire.
- 5) La pression interfragmentaire.

La pression interfragmentaire peut à elle seule aboutir à la consolidation.

Analysant les procédés que l'on peut employer :

a) au niveau de la jambe, *la simple ostéotomie du péroné* qui « permet la consolidation de certaines pseudarthroses du tibia par la simple action d'un tonus musculaire ;

b) *la méthode de Phemister* qui joint à l'action précédente celle d'un greffon libre en pont sur la pseudarthrose, apportant peut-être une modification vasculaire (R. JUDET) ;

c) *procédé personnel : une greffe vissée assurant une pression interfragmentaire* grâce à l'orientation des vis, placées obliquement, divergentes à partir du trait de fracture : « ... Ainsi, au moment où l'on serre la vis, le spongieux du greffon s'écrase contre l'os et les fragments se rapprocheront l'un de l'autre » ... « plus la vis est oblique, plus la pression est forte » ... « si le greffon est dépourvu de spongieux, on peut, soit en placer entre celui-ci et l'os, soit ménager un écart pendant le forage... »

J.P. RAZEMON conclut :

« ... Il s'agit là d'un petit artifice qui ne comporte aucun inconvénient, il peut rallier les suffrages de ceux qui veulent assurer une pression interfragmentaire sans oser installer une grosse prothèse métallique comme un coaptateur de Danis. Nous avons commencé à l'utiliser avec des résultats satisfaisants.

d) *Le coaptateur de Danis* : il remplit à lui seul deux des conditions de consolidation d'une pseudarthrose : conditions biologiques et immobilisation et, à ce titre, mérite d'être utilisé dans de nombreux cas.

Si les deux fragments d'une pseudarthrose sont soumis au tonus musculaire et si l'immobilisation n'est pas absolue, le tissu fibreux d'interposition est le siège d'écarts trop considérables de pression pour s'ossifier. Qu'en plus de cette pression soit donnée une immobilisation stricte, la consolidation survient. C'est ce qui est réalisé par la mise en place d'un coapteur. DANIS a même observé la fonte complète des parties exubérantes, réduisant le cal aux dimensions de la diaphyse... »

Le coapteur de Danis paraît à l'auteur une excellente méthode de traitement des pseudarthroses sans déplacement. C'est, à son avis, une acquisition aussi intéressante que la méthode de Phemister.

Expérimentation

Jusqu'en 1955, date de la publication du mémoire de YAMAGISHI, il n'y a pas à notre connaissance d'expérimentation tendant à étudier le rôle de la compression dans les pseudarthroses. Mais on aurait tort de négliger les travaux ayant trait au rôle de la compression dans la réparation des fractures.

Les essais très méritoires de DEBIDOUR (1939) ne donnèrent qu'un résultat positif sur six chiens opérés, les autres expériences ayant été interrompues par des accidents techniques. La guerre a arrêté ses recherches que nous ne croyons pas avoir été reprises.

EGGERS, SHINDLER et POMERAT (1949) résèquent un volet d'os rectangulaire dans un pariétal de rat. Un ressort fait pression sur l'extrémité distale de manière à ce qu'il y ait compression osseuse à ce niveau alors que le bord opposé servant de pivot n'en supporte pas. Un total de 12.000 coupes histologiques d'après des prélèvements faits à intervalles réguliers, a montré que là où il n'y a aucune pression ni contact, aucune ostéogenèse ne se produit. Là où il y a pression très forte, se produit de la nécrose. A une pression moyenne correspond une bonne production d'os.

FORD, LOLLES et KAY (1951) ont expérimenté sur huit chiens sacrifiés à une, deux, trois, quatre, cinq, six, huit et dix-neuf semaines.

Une côte est prélevée de chaque côté et transplantée dans un os iliaque du même animal. D'un côté, en encastrant la côte courbée à force entre deux encoches donnant ainsi une pression sur les extrémités. De l'autre côté, la côte n'est pas contrainte, car une de ses extrémités peut glisser dans une rainure.

Les extrémités de côtes examinées ont montré une fusion osseuse dès la première semaine, du côté où il y a pression. Celle-ci ne se produit qu'à la troisième semaine de l'autre côté.

FORD, à la vérité, a noté que le dernier point où apparaît la fusion osseuse était l'endroit de contact de la corticale costale avec l'os iliaque. L'immobilisation lui semble le meilleur facteur de formation du cal.

Les expériences de FRIEDENBERG et FRENCH (1952) ont été magnifiquement résumées par HERBERT (d'Aix-les-Bains) dans sa très documentée et originale communication de l'Académie de Chirurgie du 18 avril 1956.

« ... En 1952, FRIEDENBERG et FRENCH montraient les effets de forces de pression sur les guérisons des fractures. Une certaine pression réalisée dans les contacts des fragments osseux stimule l'ostéogénèse : des examens histologiques faits au cours des formations de cal dans les fractures expérimentales immobilisées avec ou sans pression le prouvent de façon formelle. Jusque-là, on pensait que la pression réalisée par la tonicité musculaire pouvait être suffisante (mais on peut se demander si la tonicité musculaire joue encore un rôle quand l'immobilisation plâtrée est stricte). Des expériences ont montré qu'une pression optima permettait d'obtenir une guérison beaucoup plus rapide (cependant il est démontré qu'une pression excessive, par contre, entraîne une nécrose des fragments).

Voici comment ont expérimenté FRIEDENBERG et FRENCH : ils réalisent une fracture d'un os d'une patte de chien et maintiennent la réduction à l'aide d'une tige médullaire ; puis à l'aide d'un ressort placé à une extrémité et serrant avec un écrou au niveau de l'autre extrémité, ils créent une certaine pression au niveau du foyer de fracture, pression mesurée à l'aide du ressort.

Au bout de cinq semaines, ils apprécient le degré de consolidation de la fracture et mesurent la perte de pression qui s'est produite au niveau de celle-ci : de façon à peu près constante une certaine perte de pression était notée.

L'expérience était réalisée sur des chiens pesant de 17 à 25 kg. Ceux-ci étaient répartis en plusieurs groupes suivant la force de pression réalisée : de 30 à 36 livres, de 12 à 18 livres, de 5 à 9 livres, et un dernier groupe où la fracture était maintenue par simple embrochage sans pression.

Après cinq semaines, ces fractures ont été examinées :

— Dans le premier groupe, un seul cas avait consolidé ; chez celui-ci, la perte de pression avait été de 15 livres par suite d'une résorption osseuse au contact du ressort ; les autres n'étaient pas consolidés.

— Dans le second groupe, un seul n'était pas consolidé.

— Dans le troisième groupe, deux seulement sur dix avaient consolidé.

Quelle conclusion pouvait-on tirer de ces expériences ? Une forte pression de 30 à 36 livres (13 à 16 kg), une pression faible de 5

à 9 livres (2,500 à 4 kg), ou l'absence de pression, n'avaient pas permis d'obtenir une consolidation après cinq semaines, alors qu'une pression moyenne de 13 à 18 livres (6 à 8 kg) avait permis d'obtenir dans tous les cas, sauf un, une bonne consolidation. D'autre part, on pouvait constater que la pression initiale ne se maintenait pas.

On voit donc que chez un animal pesant de 17 à 25 kg, une pression de 6 à 12 kg réalisée au niveau d'un foyer de fracture permet d'obtenir en cinq semaines une consolidation satisfaisante... »

La dernière, et à notre connaissance la plus importante étude expérimentale sur l'influence des facteurs mécaniques dans la guérison des fractures, avec étude radiologique et histologique des cals et essai de pseudarthroses expérimentales, est celle de YAMAGISHI et YOSHIMURA, de Yokohama (Japon, 1955).

Ces auteurs, dès l'introduction de leur exposé, affirment que la guérison des fractures leur semble être principalement conditionnée par le mode de fixation de celles-ci, mais que l'on sait peu de chose sur la « biomécanique » de la guérison. (Ce néologisme, que nous garderons par commodité en exposant leur travail, renferme la notion de physiologie pathologique et d'étude des forces mécaniques qui, appliquées au foyer de fracture, conditionnent la guérison de celle-ci.) Ils tiennent compte de l'argument qu'on peut leur opposer à la suite de SCHOFFER, BLOCK, LAUCHE et ASADA, à savoir qu'il y a une essentielle différence dans le processus de guérison chez l'homme et chez les animaux. Chez le premier, il y a « ossification intra-membraneuse » et chez les autres « ossification enchondrale ». Mais les auteurs les plus qualifiés sont loin d'être d'accord sur ce point. Ils citent aussi, avec beaucoup de considération, la division de Krompecher : si sur le foyer de fracture sont appliquées des *forces compressives*, du cartilage apparaît au foyer de fracture et l'ossification se fait par *formation enchondrale d'os*. Si les forces sont d'« extension », donc divergentes, il apparaîtrait du *tissu conjonctif fibreux*, puis une formation d'os intra-membraneuse.

Le propos des auteurs est de préciser par l'expérimentation les facteurs « biomécaniques » de guérison des fractures qui leur semble infiniment plus importants que les facteurs chimiques et hormonaux.

Ils ont expérimenté sur 250 lapins de 2 kg, dont 40 ont été éliminés du fait d'infection post-opératoire ou défauts du mécanisme de fixation.

Le matériel d'expérimentation extrêmement pratique et propre à produire avec des variantes très simples — six catégories expérimentales très différentes — nous semble devoir être succinctement décrit.

Le tibia est scié à sa partie moyenne avec de grandes précautions, pour ne créer aucun éclat osseux, ni lésion des parties avoisinantes. Dans chaque moitié de tibia sont placées perpendiculaires à l'axe et rigoureusement parallèles entre elles, des broches en acier inoxydable de façon que les quatre broches soient dans le même plan. De chaque côté des broches, deux réglettes allongées suivant l'axe tibial sont serrées par des vis bloquant ainsi les broches. Mais ces règles sont strictement lisses et polies d'un côté et par contre rugueuses et valonnées de l'autre, de sorte que si le côté lisse est appliqué sur le lisse des broches, il est véritablement constitué un roulement très doux « à aiguille » permettant une fixation rigoureuse latéralement mais avec un jeu suivant l'axe du tibia. Si les surfaces rugueuses de la plaque sont serrées du côté de l'aiguille, on a une fixation d'autant plus ferme que les vis sont serrées plus fort.

L'expérimentation a été conduite avec six types de fixation en faisant varier très peu les composantes de ce très intéressant et ingénieux appareillage.

A partir de cela, cinq combinaisons avec des ressorts ou des bandes élastiques peuvent assurer une compression ou au contraire un éloignement des fragments : « fixation lâche », « fixation contrôlée ferme », « fixation avec compression », « fixation avec extension », « fixation avec ressort ». Une sixième nous paraît particulièrement intéressante dans le cadre particulier de notre étude : « fixation avec forces de distorsion », « cisailantes », car elle tend à produire des pseudarthroses expérimentales.

Les animaux furent sacrifiés chaque jour pendant les quatre premiers jours, puis à la fin de la première, de la deuxième, de la troisième et de la sixième semaine. Quelques-uns le furent au deuxième et troisième mois. Les fractures furent étudiées radiologiquement et histologiquement. Les auteurs, au terme de leur étude, ont pu tirer la conclusion formelle suivante de l'étude de leurs cinq variantes de fixation (sans compter la sixième employant des forces latérales). D'après les résultats radiologiques et histologiques, il est évident que le processus de guérison des fractures expérimentales est étroitement en rapport avec la méthode de fixation et que les variations radiologiques et histologiques sont absolument caractéristiques du type de fixateurs biomécaniques employés. Ayant remarqué que la fixation avec ressort « spring fixation » donnait non seulement des consolidations retardées, mais des signes de début de pseudarthroses, ils l'employèrent en le complétant par des forces latérales dans le but de produire des pseudarthroses véritables. Restant dans le cadre de cette étude, nous ne décrivons que l'appareillage employé pour essayer de produire des pseudarthroses. L'appareil de fixation avec

ressort se compose de deux appareils classiques. Deux broches parallèles de chaque côté du foyer de fracture unies par des réglettes latérales dont la surface très lisse et polie est au contact des broches. Il y avait donc fixation lâche à ce stade. Parallèlement et en dehors de ces longues réglettes, englobant les quatre broches, étaient mises de chaque côté de courtes réglettes solidaires seulement des deux broches situées d'un côté de la fracture. Un petit ressort, d'une élasticité de 500 g environ, était attaché aux extrémités voisines de la fracture de ces petites réglettes latérales.

« ... Ainsi l'hématome ou le tissu de granulation au niveau du foyer de fracture étaient soumis à des degrés variables de compression, influencés soit par l'action du muscle, soit par des mouvements du membre. Quand il n'y avait aucune action musculaire (état de repos), le pouvoir d'expansion du ressort agissait comme une force séparative ; mais quand le muscle se contractait, l'action du ressort était surpassée et la compression se faisait sur le foyer de fracture. Les tissus organisés étaient comprimés par intermittence... » En adjoignant à l'immobilisation avec ressort, un couple de forces agissant sur le foyer de fracture on pouvait produire des pseudarthroses.

Deux méthodes de pseudarthroses expérimentales furent employées :

I. — Dans la première, 10 animaux furent utilisés, avec production de pseudarthrose chez 6 animaux.

Une fracture transverse du tibia fut produite et la fixation à ressort appliquée. Après deux semaines, quand l'intervalle des os fracturés étaient rempli avec du cartilage extensif et du cal et que l'hématome était bien organisé, deux ressorts d'une force expansive de 150 g chacun furent appliqués de chaque côté du foyer de fracture, perpendiculairement à l'axe du membre. Deux ressorts étaient placés d'un côté du segment supérieur, les deux autres de l'autre côté du segment inférieur, de sorte que des forces latérales et opposées de 300 g agissaient sur chaque moitié d'os fracturé.

La position des ressorts transversaux était changée chaque jour et croisée : par exemple, un jour le segment supérieur droit et inférieur gauche étaient en action simultanément ; le lendemain, ils étaient placés en supérieur gauche et inférieur droit.

Ainsi étaient produites artificiellement des forces « cisaillantes ».

II. — Dans la deuxième série, chez 6 animaux, on put produire 4 pseudarthroses. Pour arriver à produire presque automatiquement des forces « en ciseau » intermittentes au niveau du foyer de frac-

ture par la combinaison du mouvement dû aux ressorts et à la contraction musculaire locale, une fracture oblique fut créée.

Dans les deux séries expérimentales, les animaux furent observés pendant deux à trois mois. L'ossification ne fut jamais atteinte. On peut schématiser ainsi les résultats radiographiques et histologiques dans chacun des deux groupes.

Dans la première série, après dix semaines, il y avait production d'un cal externe considérable. La moelle du fragment supérieur était obturée par un cal interne et une zone claire était visible sur les films au niveau du foyer de fracture. Histologiquement, en dépit d'une masse abondante interne et externe d'os neuf, l'intervalle osseux était toujours rempli de tissu cicatriciel et de cartilage présentant des degrés et des types variés de différenciation. Une remarquable ossification enchondrale se faisait au point de transition entre cartilage et os nouvelle formé, mais ailleurs se voyait une dégénérescence « tachetée » du cartilage en un épais tissu fibreux. En d'autres endroits, les cellules cartilagineuses révélaient des noyaux pycnotiques souvent associés à un ramollissement nécrotique des tissus. Dans ces zones, l'on constatait des troubles de l'ossification enchondrale ou des « séparations » entre nouvel os et cartilage. Chez d'autres sujets, des zones de ramollissement par-ci par-là avec souvent une dégénérescence myxomateuse. De plus, l'on remarquait souvent des foyers de cartilage incomplètement ossifié et une résorption osseuse linéaire, et ce sous l'action des ostéoclastes ou des fibroblastes.

Enfin, la plupart des zones de transition entre nouvel os et tissu cicatriciel montraient un arrêt d'ostéogenèse.

Par la seconde méthode, à la neuvième semaine après la fracture, on obtenait à l'examen radiologique un grand cal externe à l'extrémité du fragment supérieur et une occlusion de la cavité médullaire par cal interne ; le trait de fracture apparaissait suivant une zone claire transparente en forme de bande.

Histologiquement, l'os nouveau était abondant tant dans la partie externe que dans la partie interne à l'extrémité du fragment supérieur, mais relativement rare au niveau du fragment inférieur. Le foyer de fracture était surtout rempli par du tissu fibreux cicatriciel avec peu de cartilage hyalin, atteint par endroits de dégénérescence. Peu d'ossification enchondrale était visible. Dans l'ensemble, l'ossification était très troublée et l'on ne notait aucune tendance à la réunion osseuse.

Les auteurs qui ont une bonne expérience des pseudarthroses humaines considèrent que les troubles histologiques sont les mêmes dans l'affection humaine et dans la maladie expérimentale. D'après l'ensemble de ces examens histologiques, leur opinion est que la

pseudarthrose humaine est la conséquence d'une différenciation complexe et anormale du cal avec une association simultanée d'ostéogenèse et de phénomènes régressifs tels que dégénérescence, nécrose et résorption linéaire de l'os nouveau.

De nouveaux facteurs peuvent être invoqués dans l'étiologie de ces faits. D'une part des facteurs généraux, d'âge, malnutrition, d'autre part, et surtout, des *facteurs locaux* : *immobilisation mal faite, grand espace entre les fragments, insuffisance de vascularisation, interposition de parties molles, infection.*

Ils divisent les pseudarthroses en deux grandes catégories : « pseudarthrose par défaut » ou « déficience », lorsque l'absence de consolidation est due à l'épuisement du pouvoir générateur de l'os, et « pseudarthrose vraie » lorsque l'absence de consolidation semble due à une différenciation anormale du cal.

« ... On a rapporté des études expérimentales de production de pseudarthroses par déficience », et de pseudarthrose par interposition de tissu qui auraient été couronnées de succès. En réalité, ces travaux contribuent peu à la compréhension de la pseudarthrose réelle. De nombreux aspects de cette dernière nécessitent des recherches nouvelles ; parmi celles-ci, il faut compter celle des *facteurs mécaniques* dont l'importance a été bien soulignée par REHN, BRANDIT et PAUWELS. Quoique de nombreux cliniciens soient d'avis que des « forces en ciseau » puissent constituer le facteur le plus important de l'étiologie des pseudarthroses, autant que nous puissions en juger par une étude minutieuse de la littérature médicale, personne n'avait jusqu'à présent été capable de la prouver expérimentalement. Nos expériences mettent en évidence l'importance des dites forces (« en ciseau » latérales) dans la production des pseudarthroses expérimentales... »

DU TAUX DE COMPRESSION SOUHAITABLE

Il nous paraît indispensable de chercher à fixer quel est le taux de compression qui donne les meilleurs résultats, ou mieux entre quelles limites de la compression doit varier pour donner un résultat bénéfique.

Expérimentalement, comme nous l'avons signalé. FRIEDENBERG et FRENCH ayant opéré 27 chiens, ont montré que :

- les pressions inférieures à 6 kg par cm² donnent une union fibreuse ;

- celles variant de 6 à 9 kg par cm^2 donnent un cal osseux ;
- les pressions supérieures à 9 kg par cm^2 donnent une union fibreuse ou une absence de consolidation.

Ces chiffres se comprennent pour un os compact, mais pour les os spongieux, les chiffres sont-ils les mêmes ?

Dans les expériences précitées de YAMAGISHI et YOSHIMURA, lorsqu'une compression est exercée : « Si elle est modérée, le cartilage hyalin tend à s'ossifier rapidement par formation enchondrale d'os, si la compression est excessive et spécialement si elle est intermittente, il se produit une prolifération rigoureuse du cal cartilagineux et spécialement de cal formé de tissu chondroïde... »

Cette formation de cal cartilagineux serait, pour PARTSCH, due davantage à des troubles circulatoires qu'à des facteurs mécaniques, mais WEHNER, BIEBL et KROMPECHER considèrent ces derniers comme les plus importants.

Dans les expériences de fixation avec compression de Yamagishi, faites sur des lapins de 2 kg, les ressorts étaient de 500 à 600 g de chaque côté pour une surface de section du tibia qui, d'après la moyenne de nos mesures, est de 0 cm^2 , soit le $1/25^{\text{e}}$ ou le $1/30^{\text{e}}$ d'une surface d'une coupe de tibia humain au tiers moyen.

Les forces correspondantes appliquées chez l'homme pour une surface de coupe du tibia de $3,5$ à 4 cm^2 environ, seraient de 15 kg de chaque côté, donnant environ une pression par cm^2 de 7 à 9 kg.

Il est à remarquer que c'est précisément suivant J.P. RAZEMON : « La pression idéale à laquelle l'os est soumis dans la pression debout... » Ce sont les chiffres correspondant à ceux indiqués par FRIEDENBERG et FRENCH dans leur recherche de la pression optima dans l'étude des fractures chez le chien. C'est un chiffre voisin qu'indiquent GREIFENSTEINER et J. et R. JUDET : 10 à 15 kg (pour les deux côtés).

Des théories de formation du cal

Pour essayer de comprendre comment la compression simple peut agir dans les pseudarthroses en « réveillant l'ossification », il nous paraît utile de rappeler le schéma classique de la réparation des fractures et les trois intéressants schémas de YAMAGISHI montrant la détermination du cal dans trois cas dissemblables, par l'application de forces biomécaniques différentes au niveau du foyer de fracture.

A. — Le schéma classique de réparation de l'os indique quatre phases :

- 1° *De « mutation calcique locale »* : il y a hématome, vasodilatation locale, « l'os sue le sang » sous le périoste. L'hyperhémie permet la mutation calcique locale dans la circulation, les muscles, les hématomes. En huit jours, le caillot voit décupler sa charge calcique locale. Les extrémités osseuses fracturées s'émoussent et décalcifient. Du tissu conjonctif jeune apparaît dans l'hématome.
- 2° *De maquette protéique* : le milieu fibrineux se modifie. Des fibroblastes remplacent l'hématome entre les surfaces osseuses : c'est un grand amas de tissu conjonctif ramené à l'état embryonnaire et centré par le foyer de fracture.
- 3° *De déminéralisation* : les sels osseux se fixent sur la maquette protéique, tissu de granulation irrégulier.
- 4° *De cristallisation* : vers le trentième jour, le cal fibreux se cristallise. Ces phases sont à la fois successives et intriquées.

B. — YAMAGISHI considère que l'évolution est *commandée* par les facteurs biomécaniques et en tire quatre schémas.

- 1° 1° *Existe-t-il une « neutralité »* (absence de compression rapprochant les fragments).

La formation d'os se produit par transformation directe de cellules mésenchymateuses en ostéoblastes (métaplasie).

Cette méthode d'ostéogenèse est appelée « *formation métaplasique d'os* » ou formation « d'os desmal première manière », car l'os se forme et grandit principalement par prolifération ostéoblastique sans participation de tissus fibreux ou chondroïde.

2° *En cas de compression :*

a) Si elle est modérée, le cartilage hyalin s'ossifie rapidement par formation enchondrale d'os.

b) Si elle est très importante, surtout si elle est intermittente, il y a prolifération vigoureuse du cal cartilagineux, surtout de celui composé de tissu chondroïde. Ce dernier, produit en excès, repousse le tissu osseux, le cartilage hyalin et les tissus mous avoisinants. *L'ossification est arrêtée temporairement* et une coulée oedémateuse est produite entre tissus mous et os.

Si ce tissu chondroïde se répand dans la moelle osseuse, il peut se produire une nécrose de la partie osseuse du cal interne.

Ainsi donc ce cal cartilagineux peut détruire les tissus voisins et arrêter l'ossification, cependant que lui-même subit une évolution régressive avec productions d'aires nécrotiques. On peut en tirer d'autres conclusions :

Une compression très légère ne peut faire évoluer le tissu mésenchymateux vers le cartilage. Sa tendance naturelle serait de se différencier en tissu fibreux conjonctif. Une forte compression au delà d'un certain taux peut permettre au tissu mésenchymateux de se différencier en cartilage. C'est la « *formation métaplastique indirecte d'os* » ou « *formation desmale deuxième manière* ».

3° *En cas d'extension continue*, le tissu mésenchymateux présente une tendance à se différencier en tissu fibreux conjonctif, qui devient du tissu osseux par formation d'os intra-membraneux.

4° *En cas de forces en ciseaux combinées avec une compression intermittente*, le cal se caractérise par une plus grande quantité de cartilage que de tissu fibreux. Une partie du premier se change en os par ossification enchondrale normale, pendant qu'une autre partie subit une évolution régressive : dégénérescence myxomateuse, ramollissement, pycnose nucléaire. Le tissu fibreux peut aussi s'ossifier partiellement, mais la plus grande partie devient cicatricielle et sans tendance à l'ossification.

Dans le tissu osseux, apparaissent des régressions comprenant une résorption lacunaire (qui est un processus normal de réorganisation), une résorption linéaire ou surtout une dégénérescence myxomateuse.

YAMAGISHI n'hésite pas à définir ainsi la pseudarthrose du point de vue histologique : « Un complexe de phénomènes dégénératifs variés apparaissent dans le cal et l'os, causant une ossification retardée et une absence d'union, cependant que dans certains cas de pseudarthroses, de l'os normal puisse être produit simultanément ».

Essai d'explication de la guérison des pseudarthroses par la compression osseuse

Commençons par rappeler dans leur simplicité les paroles de R. JUDET (1951) :

« ... En fait, on est aussi ignorant du mécanisme de la consolidation des pseudarthroses que celui de la consolidation des fractures fraîches. » Elles résument la pensée et les paroles des chirurgiens qualifiés.

Notre propos est modeste : simplement présenter un résumé des théories actuelles de l'ossification et de ce qu'on peut dégager des faits cliniques et expérimentaux, dont nous avons parlé dans notre exposé.

I. — RAPPEL DE QUELQUES NOTIONS DE PHYSIOLOGIE OSSEUSE

L'ouvrage de LERICHE et POLICARD (1925) marque un changement total dans la compréhension de la physiologie de l'os : jusqu'alors « ... le squelette n'étant considéré que sous des espèces mécaniques ... La pathologie donnait un son d'os sec... »

Deux idées furent émises par LERICHE et POLICARD qui sont devenues classiques, banales. « Elles parurent très vite si naturelles, qu'elles sombrèrent sans discussion dans le fond des idées anonymes que chacun de nous croit avoir toujours eues... »

La première, c'est que le squelette devait être considéré comme une énorme réserve de matières minérales à la disposition des besoins organiques. « ... Les variations du taux du calcium dans nos tissus sont incessantes : d'autre part, la valeur du calcium sanguin ne change pas ou ne change que dans des proportions infimes. La teneur du calcium actif des cellules doit cependant rester fixe. Cela implique l'existence d'une réserve : notre squelette... » L'os n'est qu'un grenier interposé dans le mouvement continu du cycle calcique.

La seconde idée tendait à substituer à la notion d'os, organe isolé, celle de *tissu osseux*, « ... trame d'événements pathologiques... grande unité organique, partout solidaire d'elle-même, bien plus qu'on ne le pouvait penser primitivement : puisque l'os était un dépôt minéral labile, il fallait que la substance fut incorporée sous une forme toujours prête à être lysée du tissu conjonctif matriciel. Le tissu osseux ne pouvait être qu'un *tissu conjonctif en état métamorphique*, dont la vie intime consistait en ostéolyse ou ostéoclasie et en reconstruction intriquées... La régénération de l'os cessait d'être une unique aventure pathologique pour devenir un processus normal de la vie du tissu osseux..., le tissu conjonctif, la maquette protéique subissent des influences qui en modifient les valeurs. D'où une pathologie du protéique osseux... » Mais il faut essayer de connaître les facteurs de déminéralisation et celui de la reconstruction.

Ne faisons que mentionner les immenses travaux de COLLIP (1925) et surtout d'ALBRIGHT (1929) qui montra que la parathormone mobilisait les réserves calciques et agissait de façon élective sur le phosphate tricalcique. Insistons au contraire sur le rôle de la circulation, sur la déminéralisation et la minéralisation... En 1926, LERICHE et POLICARD montrèrent expérimentalement et cliniquement que *toute vaso-dilatation était suivie d'une déminéralisation locale* et que ce processus était une des lois *fondamentales* de la vie osseuse. « ... Histologiquement, la déminéralisation est accompagnée d'une notable augmentation de diamètre des capillaires des canaux de Havers ; les anastomoses vasculaires se multiplient et à l'ostéolyse se joint bientôt l'ostéoclasie. L'os devient très friable. Il saigne avec abondance. Cette hyperémie a pour conséquence une modification de l'équilibre acido-basique, si bien que la déminéralisation par hyperhémie apparaît finalement due à l'acidose.

Toujours est-il qu'ainsi paraissait s'expliquer l'influence pathologique des troubles de la vaso-motricité que la clinique met si nettement en évidence, dans nombre de cas... »

Par ailleurs, la *stase* s'ajoute à ces troubles et par un processus inverse détermine de l'*ostéogenèse*. « ... L'observation clinique montre que dans les conditions où il existe *de la stase veineuse, de l'os se forme*. Ceci est particulièrement net dans les os en croissance... »

Complétant ces travaux, « ... A. LAMAS, DA COSTA et DIAS AMADO ont récemment attiré l'attention sur un fait chargé de sens. Ils ont remarqué sur plusieurs centaines d'artériographies qu'il ne leur était jamais possible d'identifier une seule artère dans l'os. Ceci les a conduits à étudier histologiquement les artères des os. L'artère nourricière a une paroi épaisse avec une musculature très développée, et une intima, elle aussi, très épaisse, ce qui fait que la lumière en est

très réduite. Après avoir décrit plusieurs courbes, elles se divisent en deux branches qui finalement s'ouvrent dans les lacs sanguins, donnant naissance à des veines de très large calibre. Ce dispositif semble indiquer que la *circulation est ralentie dans l'os* et, de fait, expérimentalement, ils ont vu que la circulation se fait beaucoup plus lentement dans l'os que dans les parties molles. Si l'on injecte du carmin d'indigo dans l'iliaque externe, le colorant apparaît quatre secondes après dans la patte. Au bout de sept secondes, on en voit dans les téguments. Il faut une minute ou plus pour qu'on le décèle dans la moelle osseuse.

La stase est donc, d'une certaine façon, une des conditions de la vie osseuse.

Le mécanisme des ossifications a été étudié par DALLEMAGNE à l'aide de résections osseuses. « ... Il a vu que le moignon osseux commence très tôt à perdre les sels qu'ils renferme, puis que la chute du taux de calcium et de phosphore se ralentit, pour finalement s'arrêter vers le quinzième jour. A ce moment, le tissu conjonctif local s'enrichit progressivement en éléments minéraux et finit par en contenir autant que les moignons osseux. On assiste ensuite à un abondant dépôt de sels. Le tissu conjonctif subit la calcification et, au trente-cinquième jour, l'os en réparation renferme une quantité normale d'éléments minéraux. En somme, il semble que par le détour des changements du régime circulatoire, la raréfaction d'origine hyperhémique entraîne secondairement la reconstruction osseuse, comme si les deux phénomènes contradictoires étaient liés. »

D'où viennent les éléments minéraux dans l'ostéogenèse ? LERICHE et POLICARD, en 1918, avaient décrit la « mutation calcique locale », considérant que l'os ancien fournissait les sels de l'os nouveau. Mais la masse d'os produit pouvait être supérieure à la masse d'os ancien, ce qui amena les auteurs à creuser les faits et à s'apercevoir que la mutation calcique ne jouait qu'au début de l'ossification « ... et qu'il y avait secondairement un apport sanguin de calcium et de phosphore provenant des réserves minérales et même de l'apport alimentaire, celui-ci ne se faisant que quand les réserves se reconstituent ».

« La clinique l'indiquait. J'avais pu décrire (1940) la maladie biologique des fracturés caractérisée par des décalcifications à distance d'un foyer de fracture en voie de réparation. La démonstration expérimentale en fut apportée par ROCHE, puis par DALLEMAGNE ; après résection d'un fragment osseux, l'os homonyme se déminéralise, et sur des os distants, on peut mettre en évidence des variations, d'ailleurs faibles, du taux minéral. C'est ce phénomène que POLICARD et ROCHE ont entendu caractériser en parlant de *l'unité physiologique du système osseux*. »

Il va de soi que ces prises à distance demeurent habituellement muettes, sauf dans des conditions exceptionnelles. Mais le fait clinique s'accorde avec le fait expérimental... »

Le rôle du périoste, vieille question toujours discutée et sur laquelle l'accord n'est pas fait, a été minutieusement sinon résolu, du moins bien mis en problème exact par R. LERICHE, auquel il faut toujours se rapporter. « ... L'on ne distingue pas assez le périoste de l'enfant de celui de l'adulte. C'est un fait indiscutable que le périoste de l'adulte, s'il est détaché de l'os sans emporter de grains osseux à sa face profonde, n'a pas de propriétés ossificatrices, et c'est pourquoi la technique d'OLLIER opérant à la rugine tranchante est une nécessité chirurgicale. Il est alors simplement un lieu facile d'ossification comme tout tissu conjonctif ramené par le décollement à des conditions circulatoires conditionnant la formation de cet état œdémateux, et connu sous le nom de « milieu ossifiable », expression qui traduit peut-être plus un fait d'observation chirurgicale et expérimentale qu'un état histologique. Ces faits ne sont plus en discussion aujourd'hui.

Chez l'enfant en état de croissance, le périoste, par contre, a, semble-t-il, des propriétés spéciales encore mal définies qui conduisent à l'ossification. Ce phénomène est-il cellulaire ou simplement circulaire ? On en discute encore. Mais c'est un fait que, contrairement à ses devanciers, FELL a obtenu du tissu osseux dans des cultures pures de périoste, à condition d'employer du périoste provenant d'animaux très jeunes (embryons de poulets). De même LACROIX, chez des lapins très jeunes, par la greffe de périoste sous la capsule adipeuse du rein, a obtenu de l'os (1946). Encore faut-il remarquer que cet auteur apporte incidemment une constatation expérimentale qui montre que la question est moins simple qu'il n'y peut paraître : une greffe d'aponévrose étant mise au contact du tibia dépériosté et ultérieurement greffée sous la capsule du rein, produit une lame osseuse, ce qui est bien troublant. La discussion de ces résultats conduit au reste LACROIX à proposer l'hypothèse de l'intervention dans l'ostéogenèse périostique, d'une substance organisatrice apparentée à celle de l'ossification enchondrale. Au fond, le problème n'est pas encore résolu... »

II. — DES OSSIFICATIONS HÉTÉROTOPIQUES

Nous avons voulu relire ce que F. COSTE et LERICHE pensent du mécanisme des ossifications hétérotopiques, fréquentes et presque banales pour ces auteurs. Nous pensons en effet que leur physiopathologie pourrait jeter des lueurs sur cette action de la compres-

sion simple dans les pseudarthroses qui, par un véritable et subtil phénomène de catalyse ou de cristallisation, fait repartir une ossification qui semblait morte et qui n'était qu'endormie. Nous leur ferons de larges emprunts.

Parmi ces ossifications hétérotopiques, la myosite ossifiante circonscrite traumatique présente toujours le même tableau clinique : un trauma important détermine une hémorragie intra-musculaire à laquelle succède la formation d'une tumeur dure. En trois à six semaines, elle est ossifiée.

Le trauma est soit accidentel sévère, soit répété professionnel (COSTE et LAPRESLE ont décrit chez une de leurs malades une myosite ossifiante bilatérale après six mois d'immobilisation forcée en camisole de force pour excitation maniaque).

Ces ossifications hétérotopiques posent le problème de la nécessité ou non de la présence d'éléments spécifiques différenciés (ostéoblastes) pour faire de l'os. LERICHE dit que cette présence n'est pas nécessaire :

1° « ... Il invoque une expérience personnelle de suture par affrontement des lèvres d'une plaie bourgeonnante... » dans le petit tunnel de tissu de granulation ainsi créé se développa de l'os typique, disposé en deux masses, de part et d'autre d'une zone de nécrose.

2° L'expérience de NAGEOTTE (1918) paraît concluante : insérant dans l'oreille du lapin des fragments de cartilage de lapin tué, ou des fragments d'aorte tuée, cet auteur voit apparaître de l'os.

3° SACERDOTTI et FRATTIN, de Turin (1901), en liant ou comprimant temporairement le pédicule rénal chez le lapin, donc en ralentissant la circulation, produisent dans le tissu conjonctif du rein de l'os ectopique.

NEUHOFF (1917), étudiant la possibilité de boucher les pertes de substances de certains organes par des greffes de fascia, découvre que toutes les fois qu'une greffe aponévrotique est mise au contact d'épithélium vésical, pyélique ou urétéral, elle s'ossifie.

En 1931, HUGGINS, reprenant et complétant ces expériences, voit que si de l'épithélium vésical est transplanté dans un muscle, de l'os se produit au contact de la greffe épithéliale.

Divers auteurs, dont LERICHE et ses collaborateurs, confirment le fait : ils voient les *fibroblastes*, assez denses autour du greffon, *prendre l'aspect d'ostéoblastes*, après que la teneur du tissu avoisinant en calcium a augmenté.

Cet os nouveau est endo-conjonctif. Il n'infiltré ni la muqueuse vésicale ni son chorion. Parfois, il se forme aussi du cartilage. Enfin,

il s'individualise un périoste et des éléments médullaires apparaissent au centre de l'os néoformé.

Utilisant ces données, LERICHE a pu combler, en deux mois, une brèche diaphysaire sur laquelle il greffait le muscle vésical, alors qu'une brèche semblable, faite sur l'os symétrique, n'était pas encore réparée. « ... De tous ces faits, LERICHE conclut que le problème de l'ossification n'est certainement pas réductible à une question d'ostéoblastes spécifiques. »

Mais d'autres caractères de ces ossifications hétérotopiques doivent être soulignés :

Tout d'abord, *l'os réclame, pour naître, du tissu conjonctif : l'ossification ectopique est toujours endo-conjonctive*. LERICHE fait remarquer d'ailleurs que même l'ossification endochondrale est une ossification endo-conjonctive. Elle ne se produit que quand le cartilage est mort et après colonisation fibroblastique ; en second lieu, l'ossification du conjonctif pré-suppose une surcharge calcique locale : cette surcharge est constatée par LERICHE dans les tissus qui vont s'ossifier au contact de la muqueuse vésicale transplantée.

De même, dans le processus de consolidation des fractures, la substance pré-osseuse, matrice du cal, est très riche en calcium venu par mutation locale des deux fragments fracturés.

En troisième lieu, le tissu conjonctif qui va s'ossifier n'est pas quelconque, il y a des tissus conjonctifs plus ou moins ossifiables. En effet, le tissu conjonctif ne s'ossifie qu'en des points bien déterminés :

- la trame squelettique ;
- le cartilage ;
- le voisinage des plaies, quelles qu'elles soient ;
- le voisinage des transplants de muqueuse urinaire ;
- le voisinage de calcifications post-infectieuses ;
- enfin, les hématomes intra-musculaires ;
- et la mystérieuse myosite ossifiante.

PHEMISTER (Chicago, 1934) a montré que l'excision du périoste empêche la consolidation d'une fracture expérimentale : donc la membrane périostée doit être un conjonctif particulièrement ossifiable.

Cela contredit l'affirmation de LERICHE que le périoste ne ferait de l'os que s'il contient des copeaux osseux. Mais son opinion n'est pas acceptée de tous et des expériences récentes de LACROIX montrent que des transplants de périoste sans os font bien de l'os (mais moins que si des copeaux d'os ont été détachés avec le périoste).

Enfin, le fait que la plupart des ossifications hétérotopiques connues sont des ossifications traumatiques, au voisinage de plaies accidentelles ou opératoires, ou pathologiques, dans des tissus enflammés, montre qu'elles se développent en milieu histologiquement pathologique. Toutes ont un facteur commun : elles se développent en tissu conjonctif jeune.

Toutefois la présence, nécessaire, de tissu conjonctif jeune proliférant, avec ses cellules pluri-potentielles, n'est pas suffisante pour faire de l'os. Une stimulation adéquate de ce tissu de granulation est nécessaire pour transformer ses cellules peu différenciées en ostéoblastes (métaplasie).

On aperçoit donc un premier facteur stimulant dans la surcharge calcique locale.

L'existence d'un autre stimulus est suggérée par l'action ossifiante des muqueuses urinaires : ces dernières sont particulièrement riches en phosphates.

Or la production de phosphatases paraît être la fonction caractéristique des ostéoblastes, et l'on a vu des cellules d'aspect ostéoblastique se différencier dans l'os para-vésical des expériences rapportées par LERICHE.

La surcharge calcique d'une part, le voisinage des cellules à propriétés phosphatasiques d'autre part, n'induisent-ils pas les cellules du conjonctif embryonnaire voisin à produire des phosphatases, c'est-à-dire à se transformer en ostéoblastes ?

Un schéma de l'ossification fondée sur l'action conjointe des phosphatases et des phosphorylases ne saurait tout expliquer. En effet : 1° la calcification de l'os peut se faire en l'absence de phosphatases, et 2° comme le remarque CARTIER, il faut tenir compte du facteur circulatoire : une circulation active peut empêcher une concentration locale suffisante de phosphates de se produire. C'est sans doute ce qui a lieu dans le rein, lequel possède les deux enzymes ; or, il ne s'y fait d'os que si la circulation est arrêtée, ralentie (expérience de SACERDOTTI et FRATTIN).

Tout ce qui précède concerne surtout la précipitation du $(\text{PO}_4) 2 \text{Ca}_3$ sur l'ébauche conjonctive, mais non l'ossification, et l'on a vu que toutes les tentatives destinées à produire de l'os en introduisant des sels calciques dans le muscle échouent, sauf dans certaines conditions très particulières.

Des recherches américaines récentes semblent indiquer que la production d'une irritation, voire d'une nécrose du conjonctif, représente une de ces conditions (effet des injections d'alcool, expériences de HEINEN, DABBS et MASON, 1949).

Quels sont les facteurs susceptibles de transformer une matrice conjonctive banale en une matrice protéique pré-osseuse ?

Les histologistes ont depuis longtemps noté cet œdème, cette modification de propriétés tinctorielles précédant l'ossification de la matrice protéique, qui semblent bien correspondre à la modification d'une protéine préexistante.

Après résection diaphysaire pour ostéomyélite, la régénération osseuse ne se fait (LEVEUF) que si la résection a été pratiquée au stade aigu de la maladie, donc seulement lorsqu'existe un afflux considérable de cellules jeunes de la lignée blanche, sans doute vectrices de la catheptase.

Ces données nouvelles, dues à CARTIER, mènent à se demander si l'afflux leucocytaire dans les hématomes, les irritations tissulaires, traumatiques ou de toutes natures, tel qu'il en existe, on l'a vu, dans la plupart des myosites ossifiantes, ne joue pas, lui aussi, un rôle important comme facteur prédisposant à l'ossification.

Bilan comparatif des facteurs

1 — PRODUCTION DE PSEUDARTHROSE

2 — REPARATION DE PSEUDARTHROSE

Nous allons essayer de rappeler et grouper les faits de notre étude ayant trait à la production d'une pseudarthrose, puis tous ceux qui semblent jouer un rôle dans sa réparation. De la juxtaposition et confrontation de ces faits pourra peut-être sortir une explication raisonnable de la guérison par compression simple.

1° FACTEURS DE PRODUCTION DES PSEUDARTHROSES

- Une perte de substance importante.
- Un mauvais contact obtenu par réduction imparfaite.
- Une fixation insuffisante.
- Un mauvais alignement des pièces osseuses.

Ces trois dernières causes, entraînant la production des « *forces en ciseau* » et les *compressions intermittentes* responsables pour YAMAGISHI des pseudarthroses qu'il a produites expérimentalement. Elles créent du tissu chondroïde qui étouffe les autres tissus et arrête l'ossification.

— Des variations histologiques au niveau du cal (dans la pseudarthrose expérimentale).

— Formation régressive mais partielle :

- a) Dégénérescence partielle du tissu cartilagineux qui normalement fait l'ossification enchondrale ;
- b) Transformation cicatricielle du tissu fibreux, *mais partielle* ;
- c) Dégénérescence du tissu osseux, *mais partielle* ;
- d) Des troubles circulatoires locaux.

2° FACTEURS DE RÉPARATION DES PSEUDARTHROSES (en utilisant la simple compression)

— Contact désormais très étroit des deux pièces fracturées.

(Il faut remarquer que c'est une des deux idées maîtresses qu'invoque PHEMISTER, après Henri JUDET, pour pratiquer une résection du péroné, mais J. CAUCHOIS trouve cette résection inutile sinon nuisible.)

— Production par contact modéré d'une nouvelle hyperhémie locale qui entraînera une nouvelle mobilisation calcique à partir des extrémités osseuses qui, ainsi souvent, se « parent » spontanément.

— Stase veineuse par une nouvelle immobilisation extrêmement stricte (les cardiologues actuels, dont LENÈGRE, accusent l'immobilisation des membres d'être responsable des phlébites). Cette stase veineuse remanie et « relance » le processus ossifiant. Cette « relance osseuse » est favorisée par la mise des broches, encore mieux que par les coapteurs (théorie de BECK).

— Cette relance osseuse sera encore assurée par la « maladie biologique des fracturés » de LERICHE faisant participer tous les os à la mobilisation calcique.

— Le périoste est remanié nécessairement par ce rapprochement osseux forcé. Il redevient plus que jamais « un lieu facile d'ossification soumis à des conditions circulatoires particulières entraînant la stase veineuse ». Cet état œdémateux est connu sous le nom de « milieu ossifiable » (LERICHE).

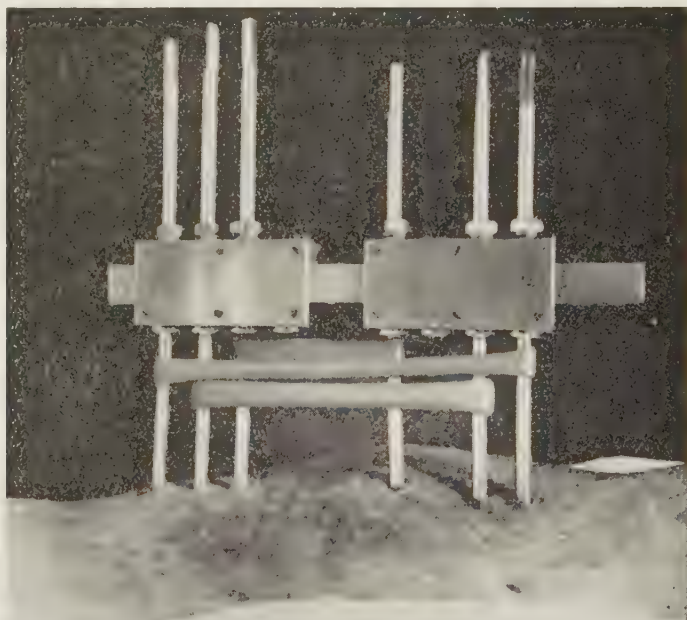
Or nous rappelons que dans les pseudarthroses expérimentales, il persiste, partiellement, un tissu conjonctif non cicatriciel qui peut donc devenir par état de stase, un tissu ossifiable.

— Enfin, nous ne saurions assez méditer sur la formations d'os hétérotopiques traumatiques. Rappelons que LERICHE, utilisant un épithélium vésical, a pu en deux mois combler une brèche diaphysaire, alors qu'une brèche semblable, faite sur l'os symétrique, n'était pas réparée. C'est une ossification endo-conjonctive, LERICHE déclarant d'ailleurs que même l'ossification enchondrale est endo-conjonctive. Or, nous avons « dans ce ménisque conjonctif » de la pseudarthrose, non entièrement cicatrisé, tout ce qu'il faut pour faire de l'os. Ceci arrivera s'il se produit une surcharge calcique locale. Celle-ci, nous venons de le dire, est le résultat de la mobilisation osseuse, « nouveau processus » à minima de fracture avec son hyperhémie, son appel minéral, puis la stase veineuse qu'entraîne l'immobilisation bien faite.

Telle est notre hypothèse : il y a eu pseudarthrose par mauvaise contention, éloignement des fragments, efforts intermittents de cisaillement, entraînant une dégénérescence partielle de la maquette protéique du ménisque.

Les classiques nettoyaient et croyaient aviver les pièces osseuses, enlevaient le tissu intermédiaire qu'ils croyaient insensible, inerte, cicatriciel et qui ne l'était que partiellement.

PHEMISTER rapprochait les os, assurait une compression musculaire faible, par cela recréait au niveau des pièces osseuses une mutation circulatoire et calcique locale.



Fixateur à compression de R. et J. JUDET (1956)

Son greffon agissant non comme un guide, peut-être comme un modificateur circulatoire et calcique local, certainement comme un excitant du périoste et de la mutation calcique.

— *La compression simple* rapproche, immobilise, met au contact les extrémités osseuses, crée plus que le Phemister les modifications circulatoires et calciques locales à condition d'être à un taux raison-

nable, sinon, par excès elle produit la nécrose, par défaut elle est inutile.

Elle remue et fait renaître dans le tissu de pseudarthrose, qui n'est que partiellement inactivé, le processus d'ossification dont la production d'os hétéropiques par traumatisme ou greffe d'épithélium vésical nous a fait saisir le mécanisme. Elle « remue » le périoste comme le greffon de Phemister.

La clinique a singulièrement bénéficié de la pratique de la compression simple, surtout par fixateurs externes.

Les progrès de l'appareillage permettront sans doute la guérison de toutes les pseudarthroses les plus désespérées, mais ils permettront aussi de réaliser un appareil standard à fixateur externe plus ou moins voisin de celui des frères JUDET ou de celui de YAMAGISHI, permettant de bien contenir, de bien fixer, de comprimer « à point » les fractures un peu compliquées, ce qui évitera la production de pseudarthroses.

Mais surtout ce qui a été réalisé dans l'expérimentation dont le couronnement a été l'étude de YAMAGISHI, dans la clinique avec les observations de PHEMISTER, de GREIFENSTEINER, et de J. et R. JUDET et LAGRANGE, permet de comprendre mieux l'ossification des fractures et pseudarthroses dont LERICHE et POLICARD avaient construit les théories maîtresses par l'expérimentation et la clinique.

Obs. n°	Age	Sexe	Fracture initiale	Diagnostic	INTERVENTION	
					Localement	Résultat pé
I. — PSEUDARTHROSES NON SUPPURÉES						
II	24	M	Fracture ouverte de jambe gauche 18 mois auparavant	Pseudarthrose avec angulation	Ostéotomie cunéiforme	
VII	20	M	Fracture ouverte tibia et péroné 1 an auparavant	Pseudarthrose avec angulation Varus tibial	Ostéotomie cunéiforme	
VIII	23	M	Fracture ouverte de jambe 1 an auparavant	Pseudarthrose + fort varus Péroné consolidé	Avivement des fragments tibiaux pour coapter	
IX	29	M	Fracture transversale de jambe datant de 9 mois	Pseudarthrose serrée	0	
X	36	M	Fracture de l'humérus traitée par extension datant de 4 mois	Pseudarthrose	Section simple fibreuse sans avivement Réduction du déplacement	
XII	44	M	Fracture à 3 fragments de l'humérus gauche	Pseudarthrose sans contact entre les fragments	On se contente de mettre les fragments dans l'axe	
XIII	34	M	Fracture ouverte de jambe datant de 7 mois	Pseudarthrose	Ostéotomie mais sans excision du cal conjonctif	
II. — PSEUDARTHROSES SUPPURÉES						
I	31	M	Fracture oblique de jambe datant de 30 mois	Pseudarthrose suppurée + fistule	Régularisation des surfaces Affrontement	
III	31	M	Fracture transverse de jambe datant de 28 mois	Pseudarthrose suppurée + fistule	Régularisation des extrémités osseuses	
IV	18	M	Fracture transverse de jambe datant de 7 mois	Pseudarthrose suppurée cicatrisée depuis 1 mois	Evidement du tissu Régularisation des fragments	
V	22	F	Fracture du fémur datant de 1 an	Pseudarthrose suppurée	Curetage de la fistule Ablation des séquestres	
III. — ARTHRITES SUPPURÉES						
VI	56	F		Arthrite tubercul. surinfectée de la tibio-tarsienne datant de 1 an	Réssection de la tibio-tarsienne	
XI	26	M		Arthrite suppurée de la tibio-tarsienne depuis 6 mois	Réssection tibio-astragalienn	

Greffe	COMPRESSION		Consolidation	REMARQUES
	Appareil	Durée		
0	Broches de Kirschner + caoutchouc	2 mois	En 4 mois Bonne mais angulation	Difficulté de maintenir l'axe avec cette com- pression
+	Fixateur à compression 4 fiches	2 mois	En 2 mois Bonne	Bonne qualité du volume et du contact osseux
+	Fixateur à compression	3 mois	En 3 mois Très bonne	
0	Double broche et caoutchouc	3 mois $\frac{1}{2}$	En 3 mois $\frac{1}{2}$ Bonne	
0	Fixateur à compression	2 mois $\frac{1}{2}$	Non obtenue au bout de 9 mois	A reprendre...
+	Fixateur à compression	3 mois	3 mois Très bonne	
0	Double broche et caoutchouc	3 mois $\frac{1}{2}$	4 mois Léger valgus Léger recurvatum	Plâtre de marche par pru- dence pendant 1 mois $\frac{1}{2}$
	Broches de Steinmann + caoutchouc	3 mois $\frac{1}{2}$	3 mois $\frac{1}{2}$	
	Broches + caoutchouc		6 mois Angulation modérée	
	Broches de Steinmann + caoutchouc		4 mois	
	Appareil de Charnley	2 mois $\frac{1}{2}$	Echec	
			3 mois	
	2 broches de Steinmann Compresseur de Charnley + plâtre		3 mois	

Conclusions

I. — Le traitement des pseudarthroses par compression remplace avec avantage le traitement longtemps classique par « nettoyage » du foyer de fracture et des extrémités osseuses.

II. — La méthode de *compression simple* a vérifié les assertions de PHEMISTER que le tissu interfragmentaire était capable de s'ossifier. Elle a démontré que l'apposition d'un greffon, préconisée par cet auteur, n'était pas nécessaire pour déclencher le processus d'ossification et que la simple compression donnait les mêmes résultats.

III. — Nous avons recherché, groupé, discuté les faits et théories qui permettent d'expliquer ce phénomène. On ne saurait assez insister sur la contribution qu'il apporte à l'étude de l'ossification et de la réparation des fractures.

IV. — L'appareillage employé doit permettre une parfaite réduction et contention, et d'autre part de pouvoir exercer une pression qui puisse être à chaque moment celle que désire le chirurgien. L'appareillage de Jean et Robert JUDET et de LAGRANGE semble réunir ces conditions.

V. — Le taux de compression optima est encore discuté, tant par les résultats fournis par la clinique que ceux donnés par l'expérimentation. Il doit être modéré. Chez l'homme, une compression autour de 6 kg semble donner les meilleurs résultats.

VI. — Pour les pseudarthroses suppurées, la compression permet une consolidation presque certaine dans un délai très bref, avec une seule intervention. Dans ce domaine, elle réalise donc un grand progrès.

Vu, le Doyen :
BINET

Vu, le Président de Thèse :
FEVRE

le Recteur de l'Académie de Paris :
Vu et Permis d'imprimer,
SARRAILH

Bibliographie *

La thèse de doctorat du Docteur Jean-Pierre RAZEMON, « *La pression interfragmentaire dans l'ostéosynthèse* » (Lille, 1955, Imprimerie Morel et Corduaut, 11, rue des Bouchers, Lille), constitue une belle mise au point de la question.

Son impeccable bibliographie fait état de 109 publications. C'est à elle qu'il faut se rapporter pour connaître ce qui a été écrit sur le sujet.

Citons à titre complémentaire :

COSTE (F.), LAPRESLE (J.). — Problème des ossifications hétérotopiques. (*Traité de Médecine*, tome XVIII, Masson, Paris, 1953, 121-127.)

DALLEMAGNE. — La nature chimique de la substance minérale osseuse. Premiers essais d'interprétation de certains phénomènes physio-pathologiques de l'os à la lumière des notions nouvelles. (*Thèse d'Agrégation*, Liège, 1943.)

DIONIS DU SÉJOUR (H.E.). — A propos du traitement des pseudarthroses de jambe. (Étude de 52 cas.) (*Thèse*, Paris, 6 juin 1955.)

HERBERT (J.J.) et PAILLOT (J.). — Sur la chirurgie des fractures et plus exactement sur la technique du traitement des fractures des membres inférieurs et des possibilités de consolidation accélérée. (*Mémoire de l'Académie de Chirurgie*, 82, n° 12 et 13, 350 et 364, 18 avril 1956.)

JUDET (R.), JUDET (J.), LAGRANGE (J.). — Traitement des pseudarthroses par la compression osseuse simple. (*Mémoire de l'Académie de Chirurgie*, 82, n° 12 et 13, 402 et 407, 25 avril 1956.)

JUDET (J.). — Réponse aux différents orateurs ayant pris la parole après communication sur le traitement des pseudarthroses par la compression osseuse simple. (*Mémoire de l'Académie de Chirurgie*, 82, n° 14 et 15, 416 et 417, 2 mai 1956.)

LERICHE (R.) et POLICARD. — Les problèmes de la physiologie normale et pathologique de l'os. (1 vol., Masson édit., Paris, p. 82, 1925.)

— De quelques notions physiologiques utiles à connaître pour la compréhension de la pathologie osseuse. (*Presse Médicale*, Paris, 10 octobre 1928.)

(*) Suivant les règles internationales, il a été adopté pour nos références l'ordre suivant : nom, initiale des prénoms, titre du travail, titre du périodique, tome, numéro, première et dernière page, année.

- LERICHE (R.). — Physiologie et pathologie du tissu osseux. (1 vol., Masson édit., Paris, 1939.)
- Idées générales sur la pathologie osseuse. (*Traité de Médecine*, tome XVIII, Masson édit., Paris, 1953, 130-138.)
- MERLE D'AUBIGNÉ (R.). — Technique de Phemister dans les pseudarthroses de jambe. (*Mémoire de l'Académie de Chirurgie*, 77, n° 20 et 21, 638, 13 juin 1951.)
- SŒUR (R.). — Traitement des pseudarthroses par la simple section du péroné. (*Acta Orthopédica Belgica*, février 1946.)
- YAMAGISHI et YOSHIMURA (from the Yokohama University School of Medicine). — The biomechanics of fracture healing. (*The Journal of Bone and Joint Surgery*, vol. 37 A, n° 5, 1035-1068, octobre 1955.)

* *

Ce dernier très important travail donne en outre une bibliographie personnelle qu'il nous paraît utile de rappeler :

- ASADA, TAMEYOSHI. — Über die Histogenese und die Ossification des Callus. (*Arch. f. Klin. Chir.*, 1947 : 199-219, 1927.)
- BAILLEY's Text book of Histology. — Ed. 9 revised and Rewritten by Philip E. Smith and others. Baltimore, William Wood and Company, 1936.
- BIEBL. — Die Kallusbildung bei drahtgenähten Oberschenkelrfracturen. (*Zentralbl. f. Chir.*, 64 : 2715-2716, 1937.)
- BLAISDALL (F.E.) and COWAN (J.F.). — Healing of simple fractures. An experimental study. (*Arch. Surg.*, 12 : 619-654, 1926.)
- BLOCK. — Normale und gestörte Bruchheilung (*Neue Deutsche Chirurgie*, Band 62). (Stuttgart, Ferdinand Enke, 1940.)
- BRANDT (G.). — Verzögerte knochenbruchheilung und pseudarthrosenbildung. (Leipzig, Georg Thieme, 1937.)
- EGGERS (G.W.N.), SHINDLER (T.O.) and POMERAT (C.M.). — The influence of the contact-compression factor on osteogenesis in surgical fractures. (*J. Bone and Joint Surg.*, 31-A : 693-716, oct. 1949.)
- KROMPECHER (S.). — Die knochenbildung. (Jena, Gustav Fischer, 1937.)
- LAUCHE (A.). — Heilung der knochenbrüche. In Handbunch der speziellen pathologischen Anatomie und Histologie, 9. Band 3 Teil, von F. Henke und O. Lubarsch. (Berlin, Julius Springer, 1940.)
- PARTSCH, FRITZ und BILICH (H.U.). — Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten der vitalfärbbaren Zellen bei der Callusbildung. (*Arch. f. Klin. Chir.*, 147 : 220-247, 1927.)
- PAUWELS, FRIEDRICH. — Der Schenkelhalsbruch, ein mechanisches Problem. Grundlagen des Heilungsvorganges. Prognose und kausale Therapie. (Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag, 1935.)

- POLICARD (A.). — Précis d'histologie physiologique. Ed. 3. (Paris, Gaston Doin et Cie, 1934.)
- REHN (E.). — Über Muskelzustände bei Knochenbrüchen und ihre Bedeutung für die Frakturbehandlung. (*Arch. f. Klin. Chir.*, 133 : 410-417, 1924.)
- SCHAFFER (Josef). — In Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen. 2 band: Die Gewebe. 2 Teil: Stützgewebe, knoghengewebe. Skelettsystem von Wilhem von Möllendorf. (Berlin, Julius Springer, 1930.)
- STARR (K.W.). — The healing of fractures. The causation and treatment of delayed union in fractures of the long bones. (London, Butterworth and Co. Ltd., 1947.)
- WEHNER (Ernst). — Zum Begriffe der funktionell-mechanischen Beanspruchung des jungen Knochenakallus. (*Beitr. f. Klin. Chir.*, 133 : 365-366, 1925.)
- WEINMANN (J.P.) and SICHER (Harry). — Bone and Bones. Fundamentals of Bone Biology, pp. 297-299. (Saint-Louis, The C.V. Mosby Co., 1947.)
- YAMAGISHI (M.) (Title in Japanese). — Compound fracture and its sequelae. (Tokyo, Nankodo, 1949.)
- Treatment of fractures of the long bones by the newly planned fixation apparatus. (*Geka*, 11 : 584, 1949.)

